

9. Bauklimatische Ertüchtigung

9.1 Ziele und Strategie

Im Umgang mit dem Baudenkmal kommen das Instandsetzen, Restaurieren oder Rekonstruieren erst dann zum Tragen, wenn die eigentliche *Pflege* des Denkmals den Erhalt nicht mehr sichern kann oder der intendierten Nutzung nicht gerecht wird. Ein denkmalpflegerisches Konzept, das den Gebrauchswert²²⁴ des Gebäudes berücksichtigt, beinhaltet je nach Ausgangslage auch ein Ertüchtungskonzept. Wie z.B. auch Maßnahmen zu Barrierefreiheit oder Brandschutz²²⁵, bedeutet energetische Ertüchtigung das *Einbringen gänzlich neuer Qualitäten* in das Gebäude und wird zu einem bisher nicht dagewesenen Zustand führen.

Auch das Planen dieser hauptsächlich bauphysikalisch motivierten Aspekte muss in entwerferisch-baukünstlerischer Auseinandersetzung mit dem ursprünglichen Architektenwerk und der Gestalt erfolgen.

In der architektonisch-denkmalpflegerischen und technisch-bauklimatischen Bestandsaufnahme ist klar geworden, dass im vorhandenen Gebäudeensemble sehr verschiedene bauliche Situationen anzutreffen sind, die im Hinblick auf eine energetische Ertüchtigung im Detail und mit größter Sorgfalt gelöst werden müssen. Normbedingungen sind selten vorzufinden, und Lösungen sind knapp und individuell auszulegen. Eine auf Basis von Tabellenwerten berechnete Gebäudegesamtbilanz, wie nach EnEV üblich, würde hier nicht in ein erfolgreiches Sanierungskonzept münden. Daher wurde die aufwändige Bestandsaufnahme durchgeführt, wie in den Kapiteln zuvor beschrieben. Auf dieser Basis sollte die Strategie ein auf das Gebäude einzelfallbezogenes und die raumzonenlokales Vorgehen sein. Indem immer wieder die Übertragungsmöglichkeit auf das Ganze überprüft wird, bleibt der Gesamtkontext dabei bewahrt.

Sep Rufs Architektur- und Technikkonzept bildet eine Grundlage zur Fassung dieses Gesamtkontextes. Das Prinzip der Durchlüftung aller Räume bei gleichzeitig möglicher Vollverschattung ist zentraler Bestandteil des ursprünglichen Entwurfs. Es bildet die übergeordnete „Klammer“ um die unterschiedlichen baulichen Einzelsituationen und –details, auch wenn es seinerzeit nicht vollständig umgesetzt und auch Teile über die Jahre verloren gingen.

Die Wiedergewinnung charakteristischer Architekturelemente und deren bauklimatischer Funktionen ist also Grundlage für den heutigen bauklimatischen *und* denkmalpflegerischen Umgang mit der Substanz, weil sie selbst einen zentralen Wert für dieses Denkmal bedeutet.

²²⁴ Riegl 1903.

²²⁵ Diese sind nicht Inhalt dieser Studie.

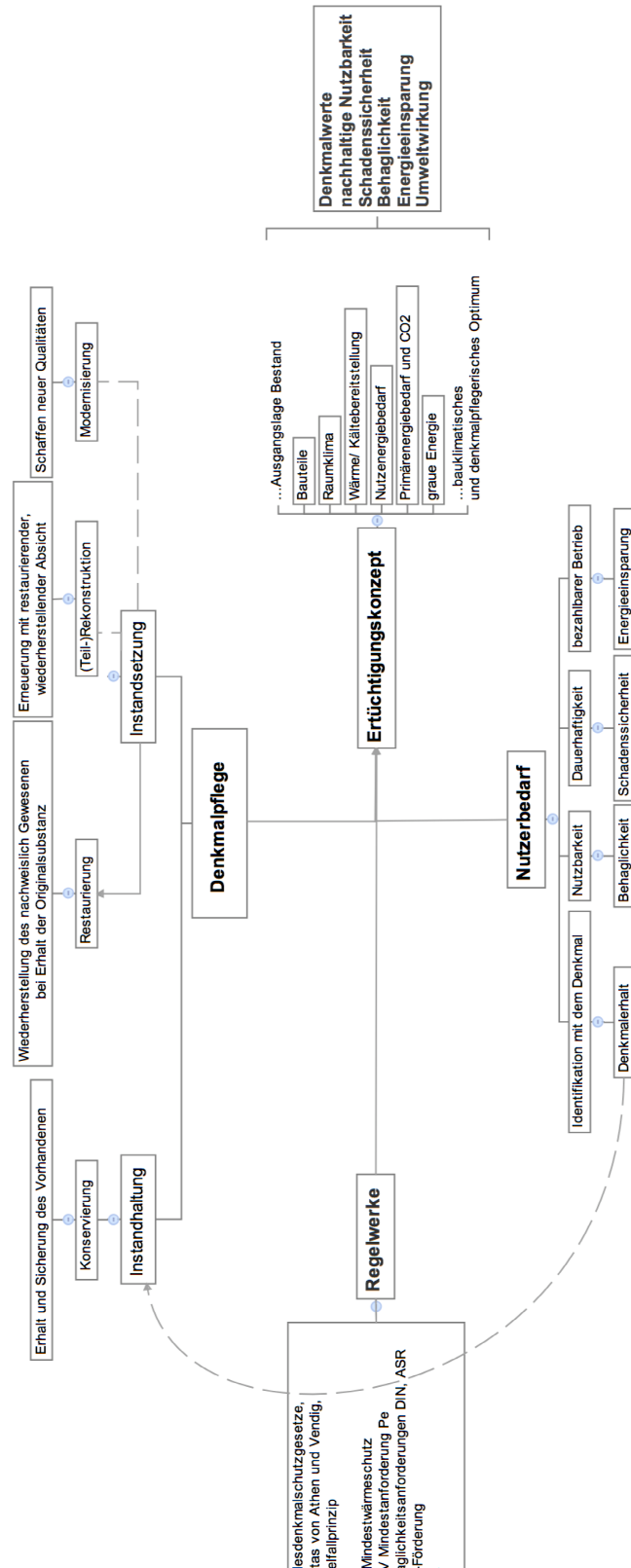


Abbildung 61: Konzeptschema Energetische Ertüchtigung im Denkmal

Wichtigste Elemente sind die Schwingfenster, die nach außen öffnenden Terrassentüren, die Verschattungselemente Flugdach und Fallarmmarkisen. Mit Ausnahme der auskragenden Flugdachscheiben sind Schwingfenster und Fallarmmarkisen weitgehend verloren. Nur am Pavillon ist die textile Verschattungsanlage noch intakt und auch die Fensteranlagen sind erhalten. Einzelne Spindeln und Stoffreste der Markisen am Hauptbau sind in den Aussparungen der Geschossdecken noch vorhanden.

Schwingflügel und nach außen öffnende Terrassentüren haben den funktionalen Vorteil, dass sie nicht in den Schreibtischbereich hineinragen, und die beweglichen Fallarmmarkisen stören den Luftwechsel auch im voll ausgefahrenen Zustand nicht. Derartige Flexibilität für den Nutzer unter Verwendung solch einfacher, architektonischer Mittel ist eine wesentliche Qualität des Architekten Sep Ruf. Es geht aber nicht um die Rekonstruktion eines verlorenen Denkmalbildes, sondern vielmehr um eine Wiedergewinnung von für den Bau wichtigen Elementen bei deren gleichzeitiger technischer Optimierung. Auf das genannte Prinzip abgestimmt finden so auch bauliche und anlagentechnische Neuerungen wie Kühlelemente oder mechanische Be- und Entlüftung in diesem Konzept Platz.

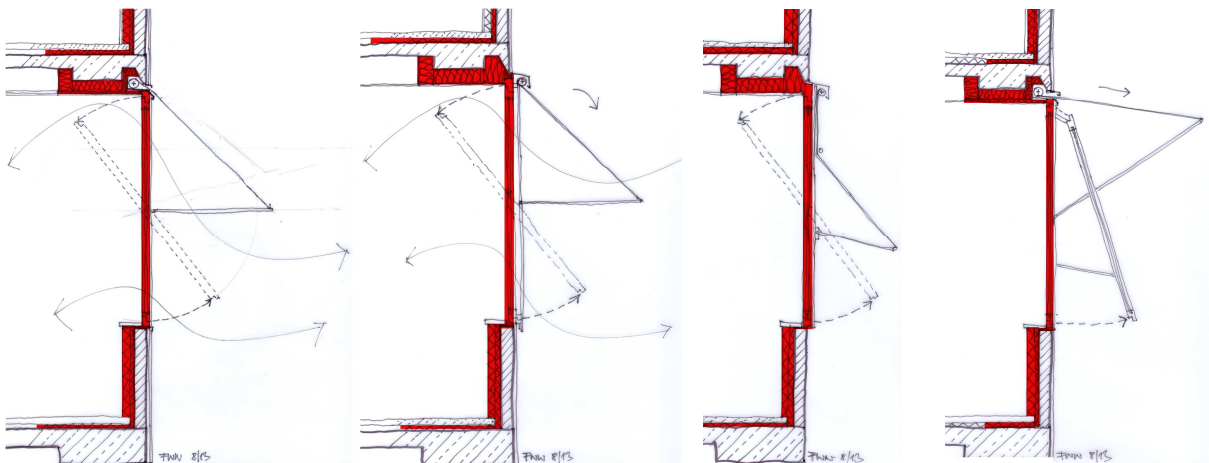


Abbildung 62: Entwurfsvarianten zur Rekonstruktion der Einheit Schwingfenster/ Markise.

Die für Messung und Nutzerbefragung definierten Raumzonen sind auch Planungsgrundlage für die energetische Ertüchtigung. Die Fokussierung auf Referenzräume und deren geforderte Qualität eignet sich im Gegensatz zum derzeit üblichen, globalen Ansatz²²⁶ hervorragend für den dem Architekten eigenen kreativ-experimentellen Planungsprozess. Voraussetzung ist, dass die wichtigen konstruktiven Situationen im Gebäude dabei abgebildet werden; in diesem Falle sind es die historische Terrazzofassade und deren Bauteilanschlüsse, Staffelgeschoss und Flugdach, der Pavillon mit Betonflugdach und die schusssichere Fassade des Anbaus.

²²⁶ Gesamtenergiebilanz nach EnEV

Die Planungsstrategie dieser Studie versucht, die bauphysikalischen Bewertungen in den architektonischen Entwurfs- und Konstruktionsprozess einzubinden. Die thermischen Simulationen zur quantitativen Bewertung der Ideen sind in diesem Zusammenhang also Teil des architektonischen Werkzeugkastens, der traditionell hier nur qualitative Aussagen ermöglicht.

Neben der ästhetisch-architektonischen und damit auch aus denkmalpflegerischer Sicht vordergründig besonders wichtigen Überprüfung der gewählten Konstruktionen, sind die drei bereits bekannten, für die Denkmalpflege nicht minder wichtigen bauphysikalischen Kriterien Energiebedarf, Schadenssicherheit und Behaglichkeit zu prüfen. In der Gebäudesimulation dienen die Raumzonen abermals als für den Planer gut beherrschbare Einheiten.

Der Planungsablauf ist ein iterativer Prozess des Analysierens, des Entwerfens und Konstruierens, des Quantifizierens und schließlich des Überprüfens der technischen und ästhetischen Lösung. Falls keine befriedigende Lösung erreicht worden ist, müssen die Schritte erneut gegangen werden.

Im Folgenden werden die in diesem Planungs- und Prüfprozess entwickelten Sanierungsvorschläge und deren Ergebnisse vorgestellt. Mögliche, aber nicht weiterverfolgte Varianten werden dabei kurz vorgestellt und erläutert.

Die ursprüngliche Absicht, in dieser Studie mehrere, grundsätzlich alternative Ertüchtigungsansätze zu präsentieren und vergleichend auszuwerten, wurde aber nicht weiterverfolgt, da aufgrund der detaillierten Bestandsanalyse die Möglichkeiten und Grenzen für die Ertüchtigungslösungen bereits eng umrissen sind.

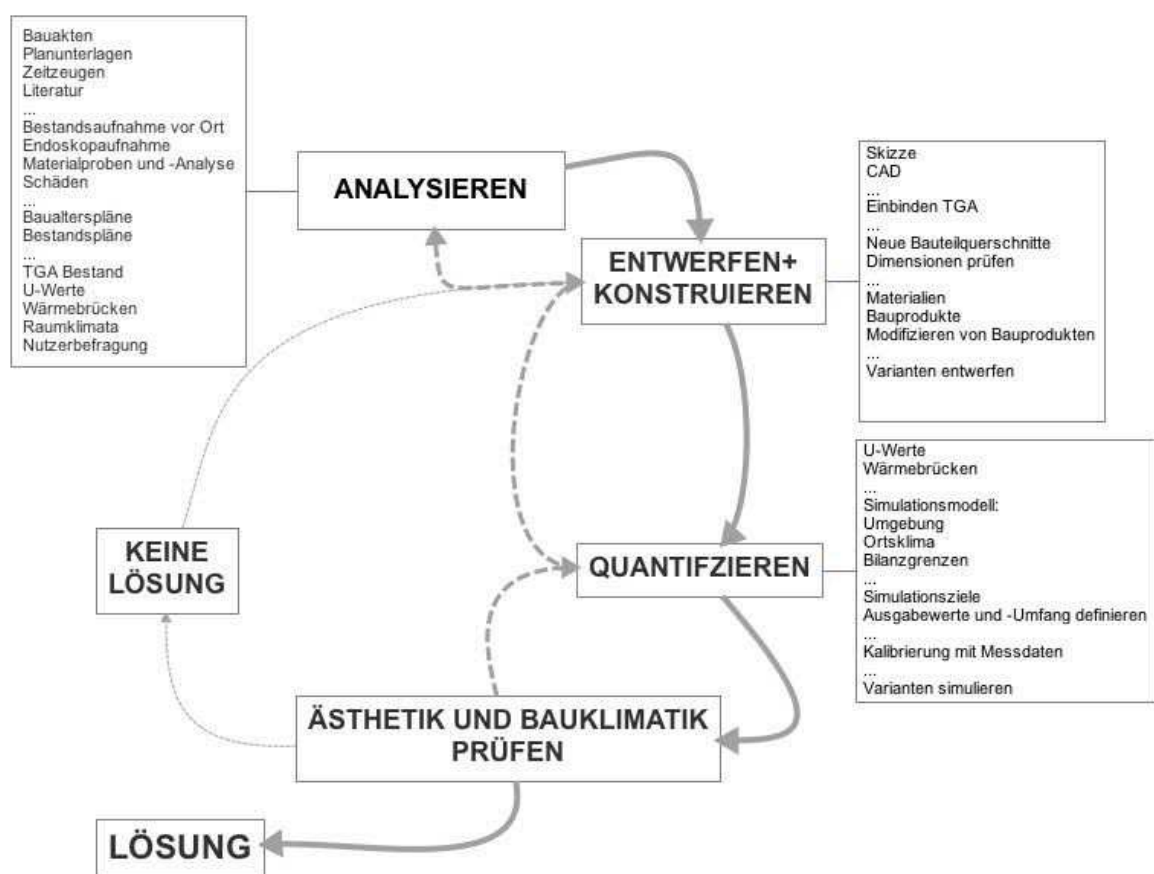


Abbildung 63: Schema des iterativen Planungsablaufes

9.2 Ertüchtigungsmaßnahmen

9.2.1 Hauptbau

Altbauteil

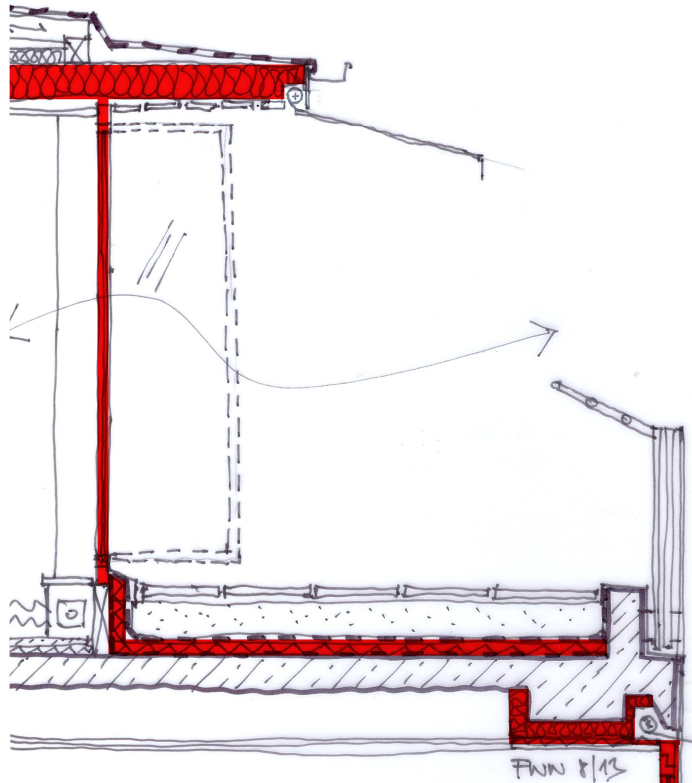


Abbildung 64: Studie zur Ertüchtigung des Staffelgeschosses und der Dachterrasse. Die Dämmebenen sind rot markiert. Die Skizze zeigt eine neue Markise am Flugdach, die jedoch wieder verworfen wurde.

Die beiden Bauabschnitte 1955 und 1983 sind in der Gebäudekonstruktion ablesbar und führten in der Analyse zu unterschiedlichen bauphysikalischen Bewertungen. Das Flugdach über dem Staffelgeschoss jedoch ist über beide Abschnitte durchgehend als flach geneigtes Walmdach in Holz- bzw. Stahl-Holz-Bauweise ausgeführt, womit geometrisch viel Raum für das Ausfüllen mit Wärmedämmung zur Verfügung steht. Vorgeschlagen wird die Erneuerung der Wärmedämmung zwischen den beidseitig auskragenden Deckenbalken mit 16cm Zelluloseschüttung und darauf mit nochmals 18cm Zelluloseplatten. Mit einem U-Wert von $0,11 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ wird hier Passivhausniveau erreicht. Die Zellulosedämmung empfiehlt sich an dieser Stelle aber besonders aufgrund ihres nachwachsenden bzw. recycelten Rohstoffes und der gegenüber Mineralwolle höheren Wärmespeicherfähigkeit, womit der sommerliche Wärmeschutz bei diesem Dämmstoff am besten ist.

Ein weiterer, alternativer Dämmstoff wäre an dieser Stelle Bläherlite, wie er im Bestand in Teilen noch vorhanden ist. Die Wärmeleitfähigkeit ist allerdings höher als bei Zellulosedämmung und der Rohstoff ist endlich. Zudem sind die Anforderungen an den chemischen Holzschutz des Dachstuhles höher als bei Zellulose, da die Feuchteregulierung weniger effektiv ist. Bei der Verwendung von Zellulose ist keine chemische Behandlung des vorhandenen Holztragwerkes notwendig. Im Rahmen der Dachsanierung wird die Dachhaut erneuert und, entsprechend dem bauzeitlichen Vorbild, die derzeit noch sichtbare Dachrinne wieder in der Traufschalung verborgen.

Der Dachüberstand wird bewusst ausgedämmt, obwohl hier, abgesehen vom Fensteranschlussbereich, keine Dämmwirkung für das beheizte Volumen notwendig wäre: Aber Schadensfälle in der Vergangenheit haben gezeigt²²⁷, dass Dachflächen in klaren Winternächten durch die atmosphärische Strahlung derart abkühlen, dass ungedämmte, holzverschalte Dachuntersichten betauen und auf Dauer durch holzerstörende Pilze Schaden nehmen können.

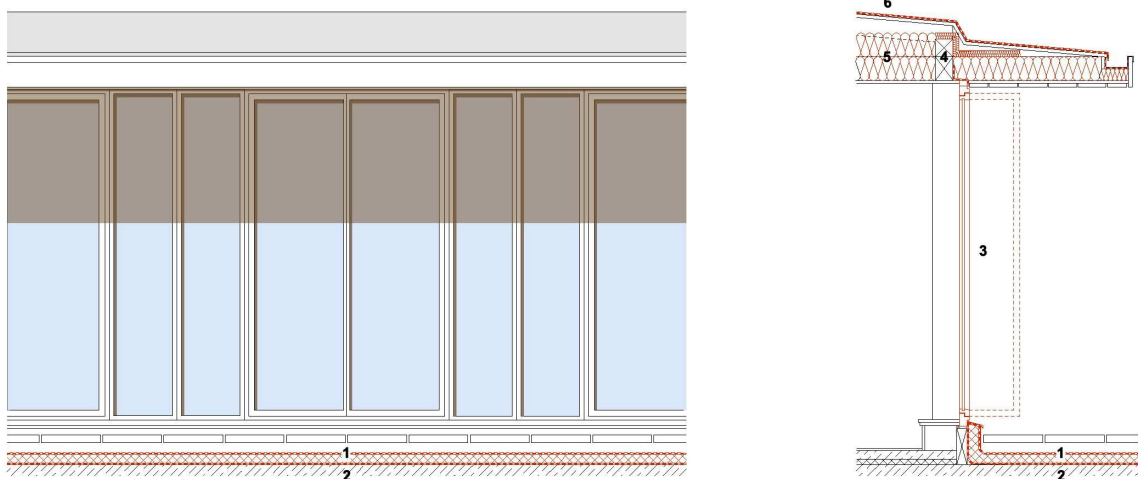


Abbildung 65: Entwurfszeichnung der Sanierungsmaßnahmen am Staffelgeschoss. Bestehende Bauteile in schwarz, neue in rot: 1 Dachterrasse, 2 Geschossdecke, 3 Neue Fensterwand, 4 Pfette, 5 Zelluloseschüttung/ Zelluloseplatten, 6 Dachhaut.

Die umlaufende Dachterrasse wurde 1983 im Zuge des Anbaus einheitlich mit sechs Zentimetern Hartschaumdämmung ertüchtigt und neu abgedichtet, wobei Kiesbelag und die darauf lose verlegten Platten wiederverwendet wurden. Die Schwellen der Terrassentüren determinieren diesen Dachquerschnitt und erlauben keine wesentliche Erhöhung der Dämmstärken. Bei einer Bauteilöffnung im Rahmen der Bestandsaufnahme hat sich gezeigt, dass die Wärmedämmung komplett durchfeuchtet und die Unterseite der darauf liegenden Abdichtungsebene nass ist. Grund ist die defekte Dampfsperrebene auf der Stahlbetondeckenplatte. Somit muss der gesamte Flachdachaufbau ohnehin erneuert werden, wobei Kies und Terrassenplatten abermals

²²⁷ Hausteil 2011

Wiederverwendung finden können. Der zur Verfügung stehende Dämmraum von sechs Zentimetern kann am effektivsten durch den Einbau von für das Flachdach zugelassenen Vakuumisulationspaneelen ertüchtigt werden, was ebenfalls zu einem U-Wert mit Passivhausniveau führen würde. Allerdings liegen zur Dauerhaftigkeit dieser Dämmelemente noch zu wenige belastbare Informationen vor. Falls das Vakuum durch mechanische Beschädigung oder ein Leck in der Ummantelung verloren geht, erhöht sich die Wärmeleitfähigkeit um ein Vielfaches. Ein Austausch des Paneels hätte das Öffnen der Dachhaut zur Folge, zuvor müsste der Schaden aber überhaupt erst einmal entdeckt werden.

Die Entscheidung fällt für dieses Bauteil daher auf konventionelle PUR/PIR- Hartschaumplatten, die einen guten Kompromiss aus Dämmleistung und Dauerhaftigkeit bieten. Ein U-Wert von 0,38 kWh/m²a wird erreicht. Zudem ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis besonders im Vergleich zu den VIP-Paneelen zum derzeitigen Stand wesentlich besser. Eine mögliche Alternative wären flachdachgeeignete Holzfaserdämmplatten, deren höhere Wärmeleitfähigkeit bei dieser geringen Dämmstärke jedoch eine Verschlechterung des jetzigen Zustandes zu Folge haben würde, womit diese Option im Sinne der Zielsetzung ebenfalls ausscheidet.

Die in Holzbauweise konstruierten, opaken Außenwandbereiche im Altbauteil des Staffelgeschosses sind im Zuge der Instandsetzung 2010 bereits ausreichend ausgedämmt worden.

Die raumhoch verglasten Bürofassaden stammen hier, wie die Fenster der darunterliegenden Geschosse, aus dem Jahre 1992 und sind aus technischen Gründen und vor dem Hintergrund der Wiederherstellung des Denkmalsbildes sowie Rufs Fassadenkonzeptes vollständig auszutauschen. Die neuen, hölzernen²²⁸, schlanken und scharfkantigen Fensterelemente sollen sich in Material, Proportion und Form an den bauzeitlichen Vorgaben orientieren, aber als neue Elemente erkennbar bleiben. Ziel ist die Wiedergewinnung von Funktion und Ästhetik bei gleichzeitiger technischer Optimierung, nicht die Rekonstruktion.

Die Fenstertüren zur Dachterrasse öffnen wieder nach außen, und in den darunterliegenden Vollgeschossen stellen horizontale Schwingflügel wieder einen Zustand her, der dem ursprünglichen technischen und gestalterischen Konzept entspricht. Allerdings müssen anstelle der Einfachverglasung glasklare Isoliergläser mit optimiertem Randbereich eingesetzt werden. Auch die Dichtungen der Fenster, insbesondere der Schwingflügel, sind thermisch optimiert auszuführen. Das mittig angeschlagene Schwingfenster hat gegenüber Dreh- oder Klappfenstern den Nachteil versetzter Dichtungsebenen, womit das Fenster an Anschlusspunkt dieser Ebenen im Bereich des Drehgelenks immer einen Schwachpunkt haben wird. In Abwägung aller Vor- und Nachteile ist das jedoch innerhalb Gesamtkonzeptes verkraftbar.

In Erd- und erstem Obergeschoss komplettieren neue, textile Fallarmmarkisen die straßenseitigen Fassaden. Hierzu werden die noch vorhandenen Aussparungen in den Geschossdeckenstirnen wieder aktiviert, womit die Markisenkassetten unsichtbar montiert werden können. In diesem Zuge wird diese Wärmebrücke durch Ausdämmen der Kassetten und Flankendämmung der Raumdecke

²²⁸ siehe auch Kapitel 6.2.4 Der ausgeführte Entwurf

ertüchtigt. Die Fallarmmarkisen sind grundsätzlich manuell steuerbar, fahren aber bei Sonneneinstrahlung auch automatisch aus. Nur so kann die ausreichende Verschattung gewährleistet und der Kühlbedarf minimiert werden.

Insgesamt wird die neue Fassade eine signifikante thermische und bauklimatische Verbesserung erreichen, und trotz der Bezüge auf den Ursprungszustand als zeitgenössisches Element erkennbar sein. Die ursprüngliche Funktion der vollen Lüftung bei gleichzeitiger Verschattung ist wieder möglich, dabei wird das Denkmalsbild wiedergewonnen.

Die Brüstungsmauern sind 2010 mit neuer Innendämmung aus Kalziumsilikat ertüchtigt worden und können belassen werden. Alle übrigen massiven Wandbereiche im Altbau sollten ebenfalls mit sechs Zentimetern Kalziumsilikat entsprechend ertüchtigt werden.

Abbildung 66: Skizze der Sanierungsmaßnahmen am Altbau teil des Hauptbaus (Südwestfassade mit Markise). Bestehende Bauteile in schwarz, neue in rot: 1 Terrazzoputz, 2 Brüstungsmauerwerk, 3 Heraklith, 4 Kalziumsilikat (2010), 5 Schwingfenster, 6 Fallarmmarkise, 7 Flankendämmung mit integriertem Markisenkasten, 8 Einzellüfter in Trennwand, 9 Stütze in Trennwand, 10 Geschossdecke, 11 Dachterrasse, 12 Glasbrüstung.

Anbauteil

Im Anbau werden die opaken Wandbauteile ebenfalls belassen, da sie hinsichtlich des Wärmeschutzes akzeptabel und das bauzeitliche Wärmedämmverbundsystem zudem noch in einwandfreiem Zustand sind. Die Dämmstärken können außerdem aufgrund der flächenbündigen Fassaden zum Altbau hin nicht erhöht werden. In Zukunft sind thermische Verbesserungen daher nur über leistungsfähigere Dämmstoffe innerhalb der bestehenden Geometrie realisierbar.

Die schusssicheren Fensterelemente allerdings haben Ihre Lebensdauer erreicht und müssen entweder in Stand gesetzt oder ausgetauscht werden. Die sehr schweren Panzerverglasungen haben die Beschläge über die Jahre verschleißten lassen und sind nicht mehr sicher. Viele Fenster bleiben daher verschlossen. Die vorgefundene Fassade ist *„eine typische Demonstration einer schusssicheren Fassade“*²²⁹, doch die Gestalt der breiten Profile und der Panzerverglasung stoßen selbst bei Denkmalpflegern auf Ablehnung, ungeachtet der damit verknüpften Geschichte.

Aus bauklimatischer Sicht ist der Einbau komplett neuer Fensterelemente ebenfalls die beste Lösung. Bei der Entscheidung zur Erneuerung der Fassaden sollte aber zumindest an einer Stelle, z.B. im Erdgeschoss auf der Gartenseite, eine bauzeitliche Fensterachse als materielles Zeugnis verbleiben.

Das Übernehmen der (neuen) Fassaden des Altbaus am Anbau wäre jetzt möglich, womit im Nachhinein dem Wunsch der Architekten eines optisch einheitlichen Baukörpers Rechnung getragen werden könnte. Die einheitliche Ästhetik dieser Lösung wäre verlockend. Ist dieser *„letzte künstlerisch gewollte Zustand“*²³⁰ maßgebend für die geplante Instandsetzung? Wäre es aber legitim, damit historisch wichtige Veränderungen zu missachten, bzw. *„Geschichte zu korrigieren“*²³¹? Der Lauf der Geschichte in diesem Zuge würde verwischt, wären die Bauphasen doch nur noch im unterschiedlichen Fassadenputz der Brüstungen erkennbar. In der Konsequenz des einheitlichen Bildes müsste man dies auch noch anpassen- mit dem Ergebnis der Rekonstruktion eines Planungszwischenstandes, den es in gebauter Form nie gegeben hat.

So sollte die neue Fassade sich weiterhin unterscheiden, das Gebäude dabei aber als Einheit erscheinen lasse. Ebenfalls scharkantige und möglichst schlanke, aber thermisch optimierte Holzprofile, möglicherweise mit dreifach-Verglasung, wären an dieser Stelle eine konsequente Lösung. Als Öffnungsart sollen nach außen öffnende, oben angeschlagene Klappschwingflügel wie im Altbauteil bewirken, dass die Schreibtischbereiche von hineinragenden Fensterflügeln freigehalten werden und außerdem eine Verwandtschaft hergestellt wird, ohne aber den mittig angeschlagenen, Ruf'schen Schwingflügel zu kopieren. Die außenliegenden Raffstoren können ebenfalls durch Fallarmmarkisen ausgetauscht werden, wobei die Kassetten aus technischen Gründen wieder sichtbar montiert werden müssen. In ihrer Farbigkeit sollten diese Markisen vom Altbauteil leicht abgesetzt werden, um eine Unterscheidung möglich zu machen.

²²⁹ Franz-Josef Talbot, Bonner Stadtkonservator, am Statusseminar DBU-Projekt Schlegelstraße am 16.04.2013.

²³⁰ Ebd.

²³¹ siehe auch Fußnote Nr. 19.

Sensoren gewährleisten auch hier die notwendige Verschattung gewährleisten und Aufheizung bzw. Kühlbedarf von vorneherein begrenzen.

Der Hauptbau wird so in einen neuen Zustand versetzt; die Ertüchtigung und Instandsetzung wird damit Teil der Baugeschichte des Hauses. Doch wird zum einen kein Hehl daraus gemacht, dass es sich hier um neue Fassadenelemente handelt, und zum anderen bleiben die Bauabschnitte Altbau und Anbau nach wie vor erfahrbar. Der bauzeitliche, einmalige Terrazzoputz bleibt an Ort und Stelle. Die Decke zum untergeordnet genutzten und nicht permanent geheizten Keller wird im gesamten Hauptbau unterseitig gedämmt. Damit ist die thermische Hülle rundherum ertüchtigt.

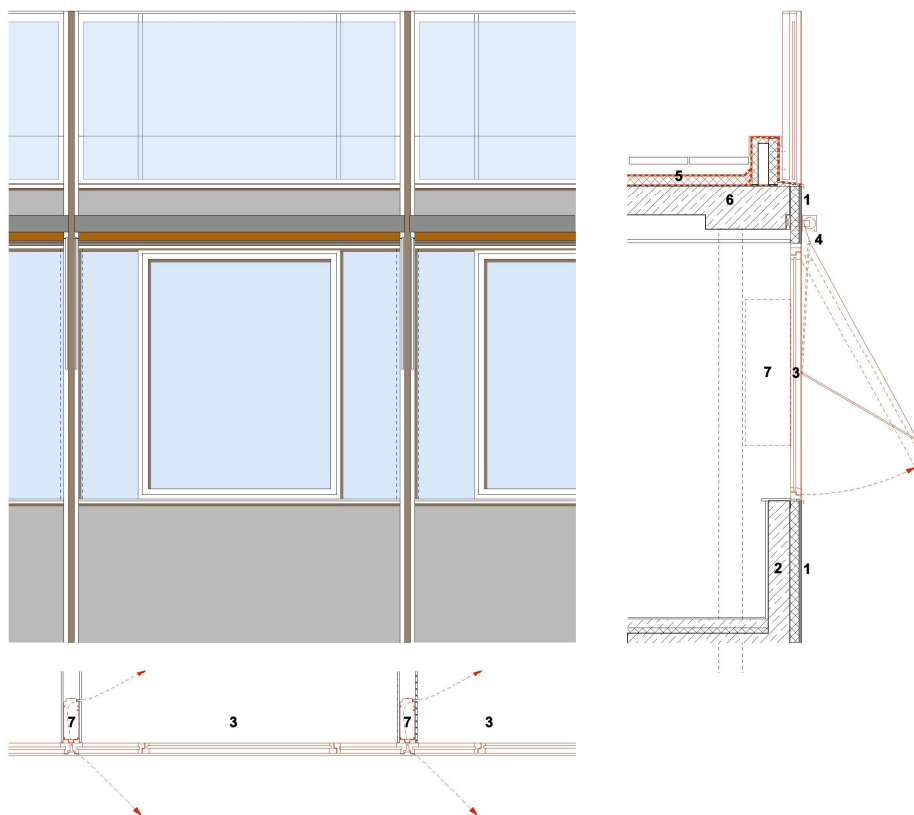


Abbildung 67: Skizze der Sanierungsmaßnahmen am Anbauteil des Hauptbaus (Südwestfassade mit Markise). Bestehende Bauteile in schwarz, neue in rot: 1 Wärmedämmverbundsystem mit Glattputz, 2 Stahlbetonbrüstung, 3 Klappschwingfenster, 4 Aufputz montierte Fallarmarkise, 5 Dachterrasse, 6 Geschossdecke, 7 Einzellüfter in Trennwand.

Technische Anlagen im Hauptbau

Die für Alt- und Anbauteil des Hauptbaus beschriebenen, „passiven“ Ertüchtigungsmaßnahmen der Gebäudehülle legen den Grundstein für eine bessere Behaglichkeit und eine signifikante Energieeinsparung, komplettiert wird das Konzept aber nur durch eine darauf abgestimmte, „aktive“ Anlagentechnik. Das Ziel ist hierbei nicht die energieaufwändige, permanente Klimatisierung der Räume, sondern die Sicherstellung eines ganzjährig akzeptablen Raumklimas und ein geringerer Energiebedarf als zurzeit. Das ursprüngliche Konzept Rufs als Basis wird so nicht nur baulich, sondern auch anlagentechnisch sinnvoll ergänzt.

Der Abbau der sommerlichen Hitzespitzen oder die Sicherung einer winterlichen Mindesttemperatur wird durch kombinierte, individuell regelbare Heiz- und Kühlkörper erreicht, die in allen Räumen an Stelle der bestehenden Radiatoren eingebaut werden. Das in den vorhandenen Heizleitungen im Sommer sonst stehende, kalte Wasser, liefert über diese Objekte im Sommer genügend Kühlleistung, um die ärgsten Hitzespitzen abzubauen. Voraussetzung ist aber die zuvor beschriebene Ertüchtigung der Fassaden und der Verschattung.

Kombiniert mit mechanischer Be- und Entlüftung können ganzjährig eine gute Mindestluftqualität gesichert und Kondensatschäden an Oberflächen durch gleichzeitige Kontrolle der Raumluftfeuchte vermieden werden. Die Rückgewinnung der Abluftwärme reduziert zudem die Wärmeverluste im Vergleich zu reiner Fensterlüftung zudem drastisch. Die Lüftung kann vom Nutzer individuell geregelt und durchaus mit Fensterlüftung ergänzt werden. An sehr heißen Sommertagen sollte man sie ohnehin nicht permanent betreiben, um nicht zu viel warme Außenluft herein zu lassen. Über Nacht kann das Gebäude im Sommer dafür vollständig belüftet und ein Stück weit²³² abgekühlt werden, ohne das Sicherheitsrisiko geöffneter Fenster eingehen zu müssen.

Das gesamte Staffelgeschoss ist zentral und damit sehr effizient zu belüften, da unter dem First des flachen Walmdaches Lüftungskanäle untergebracht werden können. Für das Lüftungsgerät ist neben dem Treppenhaus des Anbaus genügend Raum vorhanden. Die Zu- und Abluftöffnungen in den Räumen sind im Altbau in die historischen Rabitzdecken zu integrieren.

In den Büros in Erd- und erstem Obergeschoss kommen Einzellüfter zum Einsatz. Im Bereich des Altbaus werden diese hinter den vertikalen Fassadenprofilen unsichtbar installiert, im Inneren sind nur ein kleiner Lüftungsschlitz und eine Revisionsklappe in der Bürotrennwand zu sehen. Diese für das Denkmal optimale Lösung hat den kleinen Nachteil, dass der Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung mit rund 60% ein Drittel niedriger liegt als bei einem zentralen Lüftungsgerät. Dennoch wird der Einspareffekt im Winter beträchtlich sein.

²³² Die internen thermischen Speichermassen sind allerdings begrenzt.

Tabelle 8: Ertüchtigungsmaßnahmen für den Hauptbau im Überblick.

Hauptbau Bestand	Hauptbau Ertüchtigung
Flugdach Hauptbau, Alt- und Anbauteil. $U_{\text{Bestand}} = 0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$.	Zellulosedämmung zwischen und über den Deckenbalken. $U_{\text{saniert}} = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Dachterrasse, umlaufend Alt- und Anbauteil. Dampfsperre defekt, Dämmung durchfeuchtet. $U_{\text{Bestand}} = 0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$ (trocken und intakt, real höherer U-Wert).	Neuaufbau des Dachquerschnittes mit Dampfsperre und Abdichtung. Ausnutzen des Dämmraumes mit 60mm Hartschaumdämmung. $U_{\text{Bestand}} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Brüstungsbereiche Altbau. Bauzeitliche Innendämmung aus zementgebundenen Holzwolleplatten und Aufdoppelung mit Kalziumsilikat von 2010. $U_{\text{Bestand}} = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$.	Belassen des Bestandszustandes.
Altbauteil, massive Mauerwerkswände. Monolithisch, Hochlochziegel. $U_{\text{Bestand}} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.	Innendämmung mit 6cm Kalziumsilikat. $U_{\text{saniert}} = 0,63 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Fenster und Fenstertüren im Altbauteil von 1992. Schmale Fensterelemente als Dreh-Kippflügel. $U_{\text{Bestand}} = 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$.	Neue Fenster und Fenstertüren mit schlanken Vollholzprofilen nach historischem Vorbild, und mit schmaler Zweifachverglasung energetisch optimiert. Wiedergewinnung Schwingflügel (EG und OG) bzw. nach außen öffnende Drehtür (Staffelgeschoss). $U_{\text{saniert}} = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Verschattung und Sturzbereich Altbau (Wärmebrücke). $\Psi_{\text{Bestand}} = 1,1 \text{ W/mK}$	Wiedereinbau der Fallarmmarkise in die vorhandene Aussparung. Ausdämmen des verbleibenden Zwischenraumes. Flankendämmung an der Decke ca. 1m tief. $\Psi_{\text{saniert}} = 0,85 \text{ W/mK}$
Brüstungsbereiche Anbau. Stahlbeton mit bauzeitlichem Wärmedämmverbundsystem 60mm mit Glattputz. $U_{\text{Bestand}} = 0,68 \text{ W/m}^2\text{K}$.	Belassen des Bestandszustandes.
Giebelwände Anbau. Bauzeitliche Wärmedämmziegel mit Wärmedämmputz. $U_{\text{Bestand}} = 0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$.	Belassen des Bestandszustandes.
Fenster und Fenstertüren im Anbauteil von 1983, schusssichere, grün durchgefärbte Verglasung. $U_{\text{Bestand}} = 2,50 \text{ W/m}^2\text{K}$.	Erneuerung der Fensteranlagen mit thermisch optimierten Holz-Aluminiumprofilen und glasklarer Dreifachverglasung. Belassen einer bauzeitlichen Fensterachse im Erdgeschoss als materielles Zeugnis. $U_{\text{saniert}} = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Decke über Keller in Alt- und Anbauteil. $U_{\text{Bestand}} = 1,06 \text{ W/m}^2\text{K}$.	Unterseitige Dämmung der Kellerdecke. $U_{\text{saniert}} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Be- und Entlüftung der Dachgeschossräume durch ein zentrales Lüftungsgerät mit mindestens 85% Wärmerückgewinnung. Leitungsführung im Hohlraum des Flugdaches.	
Be- und Entlüften der Räume in EG und OG in beiden Bauabschnitten durch raumweise, dezentrale Lüfter mit rund 60% Wärmerückgewinnung. Fensterlüftung je nach Jahreszeit/ individuellem Bedarf.	
Austausch der Heizkörper in allen Räumen des Hauptbaus durch individuell regelbare Heiz- und Kühlkörper. Sommerliches „passives“ Kühlen mit vorhandenem Kaltwasser dient nur zur Minderung von sehr heißen Raumtemperaturen. Keine Permanentkühlung bzw. Klimatisierung.	

9.2.2 Pavillon

Der Gartenpavillon ist der am besten erhaltene Teil des Ensembles, vor allem weil hier noch die bauzeitlichen Putzoberflächen und Fassadenprofile, auf der Nordwestseite sogar original verglast, erhalten sind. Seit 2010 konnten durch den neuen Eigentümer weitere bauzeitliche Farb- und Materialschichten wie die Natursteinbekleidungen an Sockel und Dachkante freigelegt werden.

Die auskragende Flugdachscheibe aus Stahlbeton wurde im Zuge der Herrichtung als neue Dienststelle der DSD mit einer knapp zwanzig Zentimeter starken, zur Dachkante hin stufenweise abnehmenden, mineralischen Wärmedämmung ertüchtigt, sodass zumindest aus der Gartenperspektive keine visuelle Beeinträchtigung besteht und der Wärmedurchgang wirksam begrenzt werden konnte. Die historische Dreiteilung der Dachaufsicht mit dem tiefer liegenden Flurdach wurde so aber nicht erhalten. Ähnlich wie bei Bauteilen am Hauptbau könnten in Zukunft ausgereifte, sehr schlanke Hochleistungsdämmstoffe ein Dämmen dieser Fläche bei Rückkehr zur alten Dachproportion ermöglichen. Zunächst aber wird die Dachscheibe als ertüchtigt angenommen und in diesem Konzept belassen.

Auch die Bodenflächen sind im Zuge des Einbaus neuen Estrichs 2010 etwas gedämmt worden und sind als gegeben gesetzt.

Die massive Wärmebrücke der thermisch ungetrennten Auskragung aber ist ungelöst, ebenfalls der hohe Wärmedurchgang der vierzig Millimeter starken, großen Einfachscheiben an der Fassade.

Vorgeschlagen werden der Einbau einer Isolierverglasung in den vorhandenen, bauzeitlichen Stahlprofilen von 1955 und die Ertüchtigung der Dichtungsebenen in den bestehenden Falzen. Die vorhandenen Lüftungsschlitze werden dicht geschlossen. Die Wärmebrücke im Sturzbereich wird mit einer nur zwei Zentimeter starken Innendämmung aus Vakuum-Isolationspaneelen ertüchtigt, die an das bestehende Fensterprofil angesetzt, um den Unterzug geführt und ca. einen halben Meter als Flankendämmung in den Raum ragt. Diese dünne Dämmung kann so unter der Abhangdecke verborgen werden. Die Verwendung von Vakuum-Isolationspaneelen an dieser Engstelle macht Sinn, da sie im Trockenen verbaut, keinen mechanischen Belastungen ausgesetzt und im Schadensfall leicht austauschbar sind.

Die opaken Mauerwerkswände sind wie im Hauptbau mit einer Innendämmung aus sechs Zentimetern Kalziumsilikat zu ertüchtigen.

Das nach Südosten orientierte Sitzungszimmer wird nicht permanent benutzt, hat aber durch die starke Sonneneinstrahlung und die hohen internen Lasten bei voller Besetzung besondere Anforderungen an die Konditionierung der Raumluft. Die bauzeitlichen, noch vollständig vorhandenen und funktionsfähigen Markisen unter dem Dachüberstand wurden aufgrund der früher eingebauten Klimaanlage bisher wenig verwendet. Sie können nun ihren Zweck als passive Kühlelemente im Sinne der ursprünglichen Planung wieder voll erfüllen. Der Nutzer muss diese aber immer von Hand bedienen, bevor der Raum für Sitzungen gebucht wird. Eine Automatisierung ist auch möglich, hängt aber sehr von der Gestaltung der notwendigen Motorisierung ab. Alternativ könnten die neuen Glasscheiben selektiv beschichtet werden, um den solaren Eintrag zu begrenzen. Aber zum einen sind diese Scheiben nicht glasklar, was für dieses „Zimmer im Garten“ gestalterisch essentiell ist, zum

anderen würden die vorhandenen Markisen wie überflüssiges Dekor unbenutzt unter dem Dachüberstand verbleiben.

Abbildung 68: Skizze der Sanierungsmaßnahmen am Pavillon. Bestehende Bauteile in schwarz, neue in rot: 1 Boden, 2 Stahlfensterwand mit neuer Isolierverglasung, 3 Flankendämmung VIP, 4 Dachaufbau historisch, 5 Aufdämmung 2010.

Eine semizentrale Be- und Entlüftung sowie Kühlung über ein im Vorraum untergebrachtes Lüftungsgerät ergänzt aktiv die baulichen Maßnahmen. Das notwendige Splitgerät kann in einem Nebenraum der angrenzenden Tiefgarage eingebaut werden. Die Lüftungskanäle sind im Dachpaket untergebracht und an lineare Auslassschlitze jeweils an der Flur- und Fassadenseite angeschlossen. So kann der Sitzungsraum bei Bedarf schnell gekühlt und auch die Raumluft durch den hohen Luftwechsel erneuert werden.

Dezentrale Lüftungsgeräte wären an dieser filigranen Fassade kaum unterzubringen, ohne ein ästhetisch-denkmalpflegerisches Desaster zu provozieren. Für die im Hauptbau verwendeten, kombinierten Heiz- und Kühlpaneele ist im Pavillon ebenfalls kein Platz, da es diese nicht in niedriger Ausführung für den Einbau entlang der bodentiefen Glasfassade gibt. Die zumindest in den Nordbüros noch intakten Rabitzdecken müssten für ansonsten in Frage kommende Kühldecken abgebrochen werden, wobei auf dieser Gebäudeseite ohnehin die geringsten sommerlichen Probleme festgestellt wurden. So fällt die Entscheidung für den Nordstrang darauf, auf mechanische Lüftung und zusätzliche Kühlung zu verzichten. So bleibt das Risiko des Kondensatniederschlags auf den

historischen Stahlprofilen der Fenster, da diese nun den größten thermischen Schwachpunkt darstellen. Anzunehmen ist aber, dass die bestehende Fassade auch im ertüchtigten Zustand noch „genügend undicht“ ist, um einen kritischen Feuchtestau zu vermeiden. Das verbleibende Restrisiko muss durch ausreichende Fensterlüftung kompensiert werden.

Tabelle 9: Ertüchtigungsmaßnahmen für den Pavillon im Überblick.

Pavillon Bestand	Pavillon Ertüchtigung
Flugdach Pavillon, zweiseitig auskragende Stahlbetondachscheibe. Aufdämmung mit 16cm Mineralwolle 2012. $U_{\text{Bestand}} = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$.	Belassen des Bestandszustandes, da erst 2010 ertüchtigt. Langfristig sehr dünne Aufdämmung aus VIP-Paneelen anstelle der Mineralwolle denkbar.
Auskragende Stahlbetondachscheibe/ Fenstersturz. $\Psi = 1,36 \text{ W/mK}$	Flankendämmung VIP. $\Psi = 0,94 \text{ W/mK}$
Fensterwände Pavillon. Bauzeitliche Stahlprofile, schlossermäßig hergestellt. Verglasung raumhoch, einschalig massiv 40mm. Nach Norden glasklar, im Sitzungsraum nach Süden schusssicher und braun durchgefärbt ausgeführt (wahrscheinlich 1980er Jahre). $U_{\text{Bestand}} \text{ ca. } 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.	Erhalt der historischen Profile und Neuverglasung mit 40mm Isolierglas, glasklar. Einbau von Profildichtungen. Im Sitzungszimmer nach Süden ist eine selektive Sonnenschutzbeschichtung zu prüfen. $U_{\text{saniert}} \text{ ca. } 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Opake Mauerwerkswände $U_{\text{Bestand}} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$.	Innendämmung mit 6cm Kalziumsilikat $U_{\text{saniert}} = 0,62 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Be- und Entlüftung, sowie Kühlung des Sitzungsimmers mit zentralem Lüftungsgerät mit rund 85% Wärmerückgewinnung. Keine Permanentbelüftung oder -kühlung, sondern nach Bedarf. Kälteerzeugung durch separates Splitgerät, das z.B. in der Tiefgarage untergebracht wird. Alternativ wäre es möglich, energiesparend über die bestehende Kaltwasserleitung zu kühlen, wobei die Kühlleistung um rund 50% geringer wäre. Ein schnelles Konditionieren des Raumes „on demand“ wäre so aber nicht möglich.	

9.3 Simulationsergebnisse

9.3.1 Hauptbau (Altbau)

Hinsichtlich der Schadenspotentiale zeigte das Simulationsmodell bei der Berechnung der Ertüchtigungslösung keine Kondensatereignisse an. Mit Blick auf die Oberflächentemperaturen fällt auf, dass die neuen Fenster z.B. in Zone 3.12 eine mittlere monatliche Oberflächentemperatur von $18,6^{\circ}\text{C}$ im Vergleich zu $16,9^{\circ}\text{C}$ im Bestand nicht unterschreiten.

Doch maßgebend sind die Anschlüsse zwischen den neuen und den bestehenden Bauteilen:

Die stationär berechnete Wärmebrücke am Fenstersturz im Erd- und ersten Obergeschoss kann beispielsweise mit der Flankendämmung von ursprünglich $\Psi=1,10 \text{ W/mK}$ auf $\Psi=0,85 \text{ W/mK}$ ertüchtigt werden. Die minimale Oberflächentemperatur erhöht sich um rund 3K auf 13°C und damit über dem Grenzwert von $12,5^{\circ}\text{C}$. Der f-Wert liegt bei $0,73$ und damit über dem Grenzwert von $0,70$. Das Bauteil erfüllt so knapp die Norm²³³. Die vorgesehene mechanische Lüftungsanlage kann zur Kontrolle der Raumluftfeuchte und damit zur Schadensvermeidung herangezogen werden, falls die hier ermittelten Wert im Zuge der Detailplanung nicht zu halten sein sollten.²³⁴

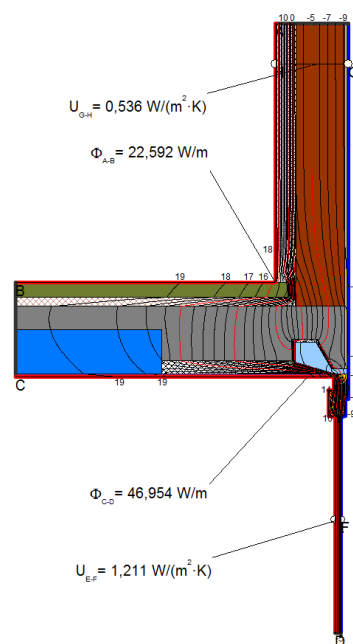


Abbildung 69: Wärmebrücke
am Fenstersturz im Altbau.

²³³ Siehe auch Kapitel 8.2.1 Schadenssicherheit (Mindestwärmeschutz)

²³⁴ Die Konstruktion der neuen Fenster und auch die detaillierte Lösung des Sturzanschlusses mit dem intendierten Einbau der Markisenspindel würden den Umfang dieser Konzeptstudie überschreiten. Daher wurde diese Aufgabe als eigene Masterarbeit im postgradualen Studiengang Bauernhaltung an der FH Potsdam vergeben.

Im Staffelgeschoss wirken sich die insgesamt 34cm Zellulosedämmung im Dach und die neuen Fenster positiv auf die Raumtemperaturen aus. Die passive Sonnenschutzwirkung des bestehenden Dachüberstandes, kombiniert mit der zentralen, wärmerückgewinnenden Lüftungsanlage und den kombinierten Heiz-/ Kühlelementen bewirken eine Begrenzung der maximalen Raumtemperatur auf 27°C für die meisten Stundenereignisse. Kalte Raumtemperaturen im Winter, bisher hauptsächlich bei winterlicher Fensterlüftung auftretend, können durch die mechanische Lüftung und Wärmerückgewinnung vermieden werden. Auch in den Büroräumen der darunterliegenden Geschosse führt die Kombination aus den baulichen, passiven und den unterstützenden, anlagentechnischen Maßnahmen zu einer Kappung der Hitzespitzen um zwei Grad.

In Bestand und Ertüchtigung sind jeweils operative Solltemperaturen von 21°C voreingestellt, aufgrund der höheren Transmissions- bzw. Lüftungswärmeverluste und der geringeren Oberflächentemperaturen jedoch muss der Heizkörper im Bestand die Lufttemperatur in den Obergeschosszonen im Bestand jedoch auf 22°C hochheizen, um die gewünschte operative Temperatur zu gewährleisten.

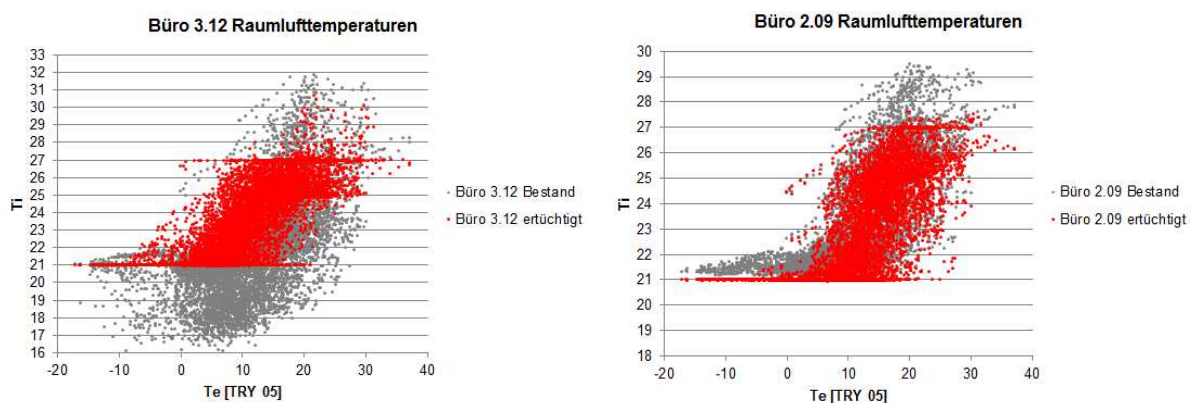
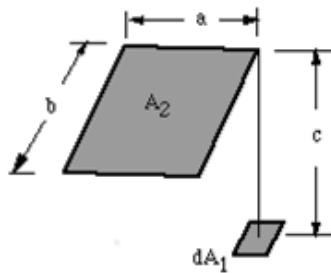


Abbildung 70: Simulationsergebnis der Raumlufthtemperaturen in den Zonen 3.12 (Staffelgeschoss) und 2.09 (1.OG Nordost).

Die Innenraumtemperatur ist für sich also noch kein Indikator für eine gute Behaglichkeit am eigentlichen Arbeitsplatz: Für fast alle Räume in diesem Verwaltungsbau ist dies ein Schreibtisch in Fensternähe. Die operative Temperatur als „gefühlte Temperatur“ ist hier maßgebend, und setzt sich an dieser Stelle anteilig aus Raumlufthtemperatur und den Oberflächentemperaturen der umgebenden Fenster-, Wand-, Boden- und Deckenflächen zusammen.²³⁵

²³⁵ Siehe auch Kapitel 8.2.2 Thermische Behaglichkeit

Bei kalten Außenlufttemperaturen und fehlender, direkter solarer Bestrahlung auf das Fenster sind die Oberflächen der Fenster und Fensterprofile kälter als die übrigen Raumboflächen. Der Mensch empfindet diesen Temperaturunterschied als Zugerscheinung, als ob es durch undichte Fensterfalze ziehen würde. Über die Berechnung der Formfaktoren kann der wirksame Fensterflächenanteil auf den spezifischen Arbeitsplatz ermittelt werden.



Definitions: $A=a/c$; $B=b/c$

Governing equation:

$$F_{d1-2} = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{A}{(1+A^2)^{1/2}} \tan^{-1} \left[\frac{B}{(1+A^2)^{1/2}} \right] + \frac{B}{(1+B^2)^{1/2}} \tan^{-1} \left[\frac{A}{(1+B^2)^{1/2}} \right] \right\}$$

Formel 4: Berechnung des Formfaktors parallele zueinanderstehender Flächen. Quelle: <http://www.engr.uky.edu/rfl/Catalog/sectionb/B-3.html>.

Im Fall des Altbaus ist der Temperaturunterschied an der Oberfläche zwischen den Fenstern von 1992 zu den neuen Fenstern allerdings nicht sehr groß. Die neuen Fenster werden aber auch luftdichter sein, was in dieser reinen Temperaturbetrachtung nicht reflektiert ist.

Tabelle 10: Operative Temperatur am Arbeitsplatz.

3.12	Ts Fenster	14,50 °C
Bestand	Ts Innenflächen	21,00 °C
02.02.2012	Ts Mittel, gewichtet	17,65 °C
	Ti	21,00 °C
	Top gefühlt Arbeitsplatz	19,32 °C
3.12	Ts Fenster	16,30 °C
saniert	Ts Innenflächen	21,00 °C
02.02.2012	Ts Mittel, gewichtet	18,58 °C
	Ti	21,00 °C
	Top gefühlt Arbeitsplatz	19,79 °C

Die Behaglichkeitsindizes nach Fanger verbessern sich in den Zonen des Altbaus etwas, aber nicht dramatisch. Doch die hier nicht berücksichtigte, wiederhergestellte, ursprüngliche Funktion von Schwingfenster und Fallarmmarkise, sowie nicht zuletzt das wiedergewonnene Denkmalsbild sind architektonische Faktoren, die der individuell empfundenen Behaglichkeit zuträglich sein werden.

Tabelle 11: Vergleich der Behaglichkeitsindizes PPD und PMV nach Fanger (Simulationsergebnis für 2.09). Im Vergleich zum Bestand ist eine leichte Verbesserung zu erkennen, die Wintermonate liegen im neutralen Bereich (PMV=0) und der Prozentsatz Unzufriedener sinkt im Schnitt um gut ein halbes Prozent (PPD).

	Variables			Variables	
	PPD, Predicted Percentage of Dissatisfied, at occupant 1, %	PMV, Predicted Mean Vote, at occupant 1		PPD, Predicted Percentage of Dissatisfied, at occupant 1, %	PMV, Predicted Mean Vote, at occupant 1
January	1.9	0.1	January	1.2	0.0
February	2.1	0.1	February	1.3	0.0
March	2.3	0.1	March	1.4	0.0
April	2.7	0.1	April	2.5	0.1
May	6.1	0.2	May	5.3	0.2
June	7.6	0.2	June	6.2	0.2
July	8.2	0.3	July	7.6	0.2
August	7.9	0.3	August	7.5	0.2
September	4.5	0.2	September	4.4	0.2
October	2.5	0.1	October	2.7	0.1
November	2.1	0.1	November	1.4	0.0
December	1.9	0.1	December	1.2	0.0
mean	4.2	0.2	mean	3.6	0.1

Auch ein Vergleich der Heizlastkurven bestätigt die Wirkung der vorgeschlagenen Maßnahmen. Im Staffelgeschoss ist der Effekt aufgrund der massiven Dachdämmung und der großen Fensterflächen am stärksten ausgeprägt. Wie schon in der Bestandsaufnahme, zeigen sich die für die Heizungs- und Kühlauslegung stationär berechneten Normheizlasten im Vergleich zu den simulierten Kurven als wesentlich höhere „worst case“-Werte, die real nie erreicht werden. Für das Staffelgeschoss sollte geringe Auslegung der Heizleistung aufgrund dieser Ergebnisse erwogen werden.

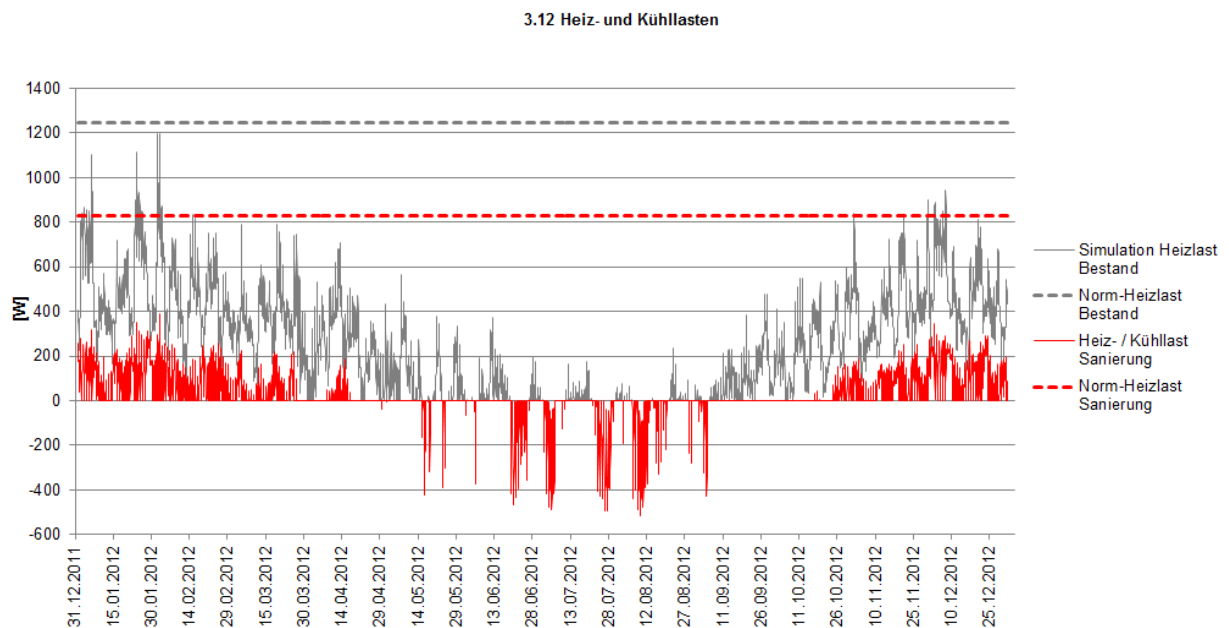


Abbildung 71: Heizlastkurven im Bestand und nach der Ertüchtigung für 3.12. Zum Vergleich sind die stationär berechneten Normheizlasten dargestellt.

Der Nutzenergiebedarf für Heizung, nach der Ertüchtigung auch für Lüftung und Kühlung, kann im Altbau maßgeblich reduziert werden. Obwohl die Wärmepumpe zur Kühlung und die Ventilatoren der Lüftung ihrerseits elektrischen Strom benötigen, der im Bestand noch nicht anfällt, sinkt der Bedarf insgesamt. Im Staffelgeschoss sind die Einsparungen mit gut zwei Dritteln beträchtlich, aber auch in den darunterliegenden Geschossen können fast dreißig Prozent gewonnen werden.

Die Nutzenergiewerte sind Ausgangspunkt zur Ermittlung des jeweiligen End- und Primärenergiebedarfs. Von der Nutz- zur Endenergie müssen für die Heizung kleine Übertragungsverluste einkalkuliert werden. Die benötigte Strommenge für die Kühlung wird aufgrund des Wärmepumpenwirkungsgrades kleiner als die Nutzenergiemenge, allerdings kann der Wirkungsgrad von rund 1:3 ebenfalls aufgrund von Übertragungsverlusten nicht voll ausgeschöpft werden. Die zur Be- und Entlüftung des Raumvolumens benötigte Strommenge ist aufgrund des Wirkungsgrades der Ventilatoren kleiner als der äquivalente Nutzenergiebedarf. Die exakten Faktoren werden für jeden Bauabschnitt und jede Zone separat ermittelt.

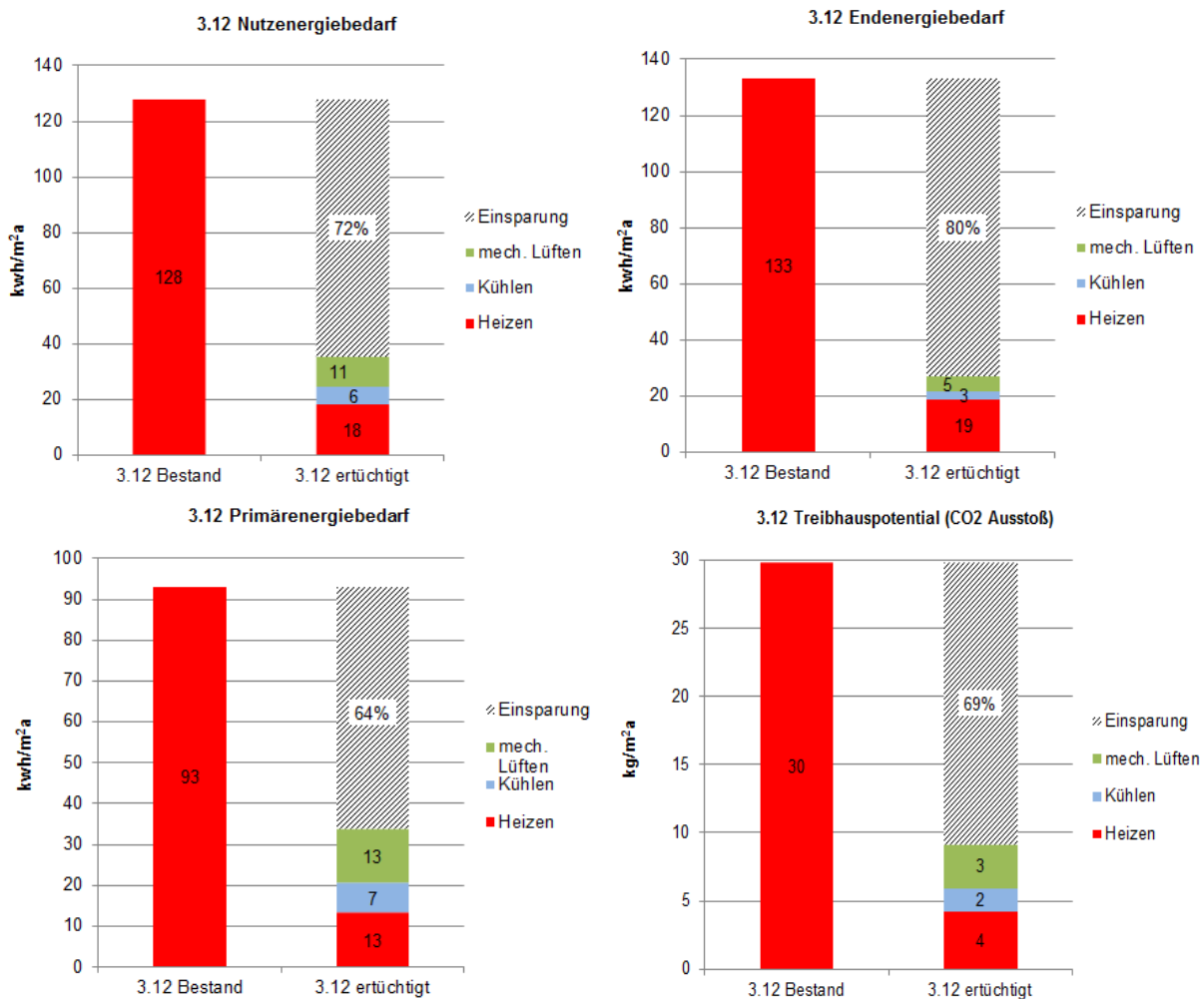


Abbildung 72: Überblick über Nutz-, End- und Primärenergiebedarf, sowie Kohlendioxidemissionen der ertüchtigten Staffelgeschosszone im Vergleich zum Bestand.

Die Berechnung des Primärenergiebedarfs²³⁶ macht deutlich, dass die Primärenergiefaktoren für Fernwärme und Strom erheblichen Einfluss auf diese -die Energiequelle und Art der Bereitstellung einbeziehende- Darstellung der Energieeinsparung haben: Während der Endenergiebedarf für das Heizen mit 0,7 weiter verringert wird, muss der Strombedarf für Kühlen und Lüften mit 2,6 multipliziert werden. Insgesamt werden die Einsparungen so deutlich kleiner. Ähnlich verhält es sich mit den CO₂-Emissionen. Würde man hier den von den Bonner Stadtwerken angegebenen PE-Faktor von 0,3 und entsprechend günstige Werte für Ökostrom ansetzen, wären die Primärenergieeinsparungen deutlich höher. Die tatsächlich benötigten Energiemengen blieben dabei aber die gleichen.

Im Umkehrschluss könnte man daraus schließen, dass weniger bauliche und anlagentechnische Maßnahmen doch ausreichen würden, da sie mit der Wahl der „richtigen“ Energiequellen zum gleichen Energieeinsparziel führen. Doch auch regenerative Energien sind kostbar: Aus diesem Grund, aber natürlich auch aufgrund der beschriebenen Maßnahmen zur Schadensvermeidung und

²³⁶ Siehe auch Kapitel 8.2.3 Energiebedarf

Verbesserung der Behaglichkeit, können diese am Ende rein rechnerischen Modifikationen der Energiebilanz nicht zielführend sein.

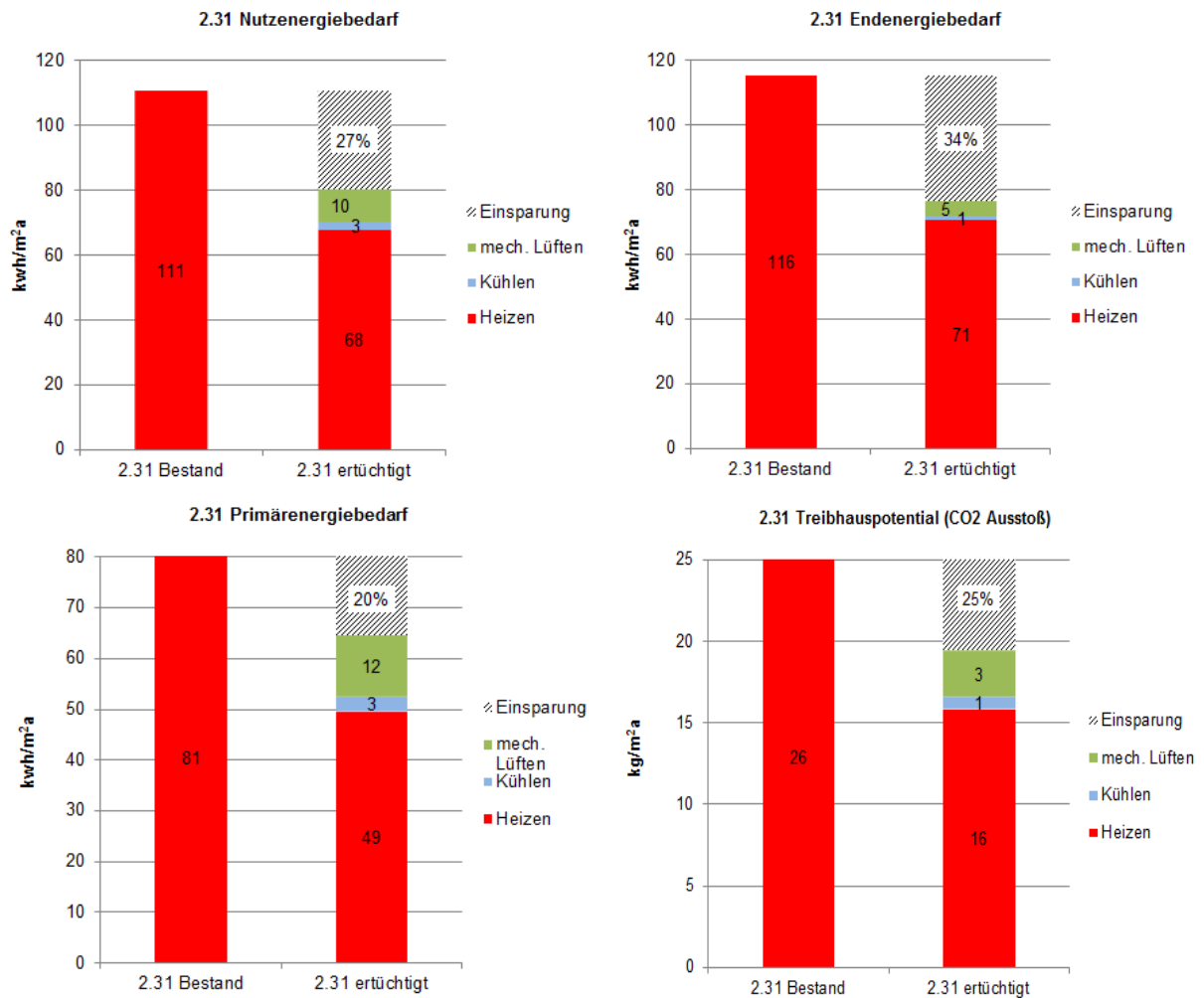


Abbildung 73: Überblick über Nutz-, End- und Primärenergiebedarf, sowie Kohlendioxidemissionen der ertüchtigten Zone 2.31 im ersten Obergeschoss im Vergleich zum Bestand (Zone 2.09 weist vergleichbare Werte auf).

9.3.2 Anbau

Durch die außenliegende, bestehende Wärmedämmung, deren Überdeckung der Deckenstirnen und die Lager der Fenster in der Dämmebene sind die Schadenspotentiale auch nach dem Einbau neuer Fenster mit kleineren Wärmedurchgangskoeffizienten in Rahmen und Verglasung so gering, dass in den Simulationsrechnungen keine Kondensatereignisse gemeldet werden.

Auch in den Zonen des Anbaus gibt es Probleme des sommerlichen Wärmeschutzes. Die Überhitzung ist auch hier beträchtlich, weshalb auch hier eine Kombination aus dezentraler, mechanischer Lüftung, kombinierten Heiz- und Kühlkörpern, sowie großflächigen Öffnungsflügeln für die individuelle, manuelle Lüftung vorgeschlagen werden. Die Wirkung ist auch hier nicht unbeträchtlich: So können die Hitzespitzen um 3 Kelvin Stunden abgesenkt werden. Die Normwerte von 26°C werden aber dennoch überschritten, hierfür müsste mehr gekühlt werden, was im bestehenden Heizsystem nicht möglich ist. Die Kühlung der Zuluft ist mit Einzellüftern nicht möglich.

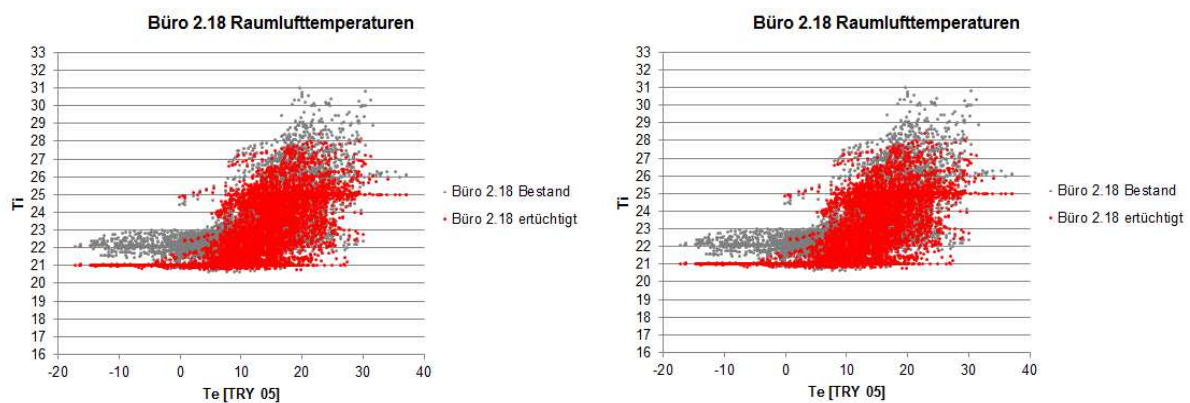


Abbildung 74: Simulationsergebnis der Raumtemperaturen im Anbau.

Tabelle 12: Operative Temperatur am Arbeitsplatz.

2.21	Ts Fenster	20,00 °C
Bestand	Ts Innenflächen	21,00 °C
02.02.2012	Ts Mittel, gewichtet	20,48 °C
	Ti	22,00 °C
	Top gefühlt Arbeitsplatz	21,24 °C
2.21	Ts Fenster	19,00 °C
saniert	Ts Innenflächen	21,00 °C
02.02.2012	Ts Mittel, gewichtet	19,97 °C
	Ti	21,00 °C
	Top gefühlt Arbeitsplatz	20,48 °C

Die Heizlasten in Zone 2.18 an der südöstlichen Gebäudeecke können spürbar gesenkt werden, und die Kühllasten fallen von Mai bis Anfang September ähnlich wie in den Altbauzonen aus. Diese Zone ist zwar mit zwei Personen besetzt, dank der Ecklage und Fenstern an beiden Fassaden quer zu lüften. Auffällig sind die hohen Kühllasten der südwestlichen Zone: Das mit drei Personen besetzte und entsprechend ausgestattete Büro zeigt bereits ab März und bis in den Oktober hinein Kühlbedarf an, obwohl die großflächige Südwestverglasung mit automatischer Verschattung arbeitet. Querlüftung ist nur eingeschränkt über den Flur möglich, die mechanische Lüftungsanlage muss also in Verbindung mit dem Kühlkörper für ausreichenden Luftaustausch und kühle Temperaturen sorgen.

Abbildung 75: Heizlastkurven im Bestand und nach der Ertüchtigung. Zum Vergleich sind die stationär berechneten Normheizlasten dargestellt.

Die Einsparungen bei der Nutzenergie fallen in diesen Zonen geringer aus als im Altbau, da mehr Lüftungs- und Kühlbedarf herrscht. Der Endenergiebedarf für diese beiden Posten ist aufgrund der hohen Anlageneffizienz maßgeblich geringer, doch der Primärenergiefaktor des Strom-Mixes wiegt diesen Vorsprung fast wieder komplett auf. Der hohe Kühl- und Lüftungsbedarf lässt die Primärenergieeinsparung besonders in der Südwestzone mit gerade 9% förmlich abschmelzen. Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit ist dieser Effekt insofern positiv zu bewerten, als dass der im Verhältnis geringe Endenergiebedarf der gelieferten, also abgerechneten Energiemenge entspricht.

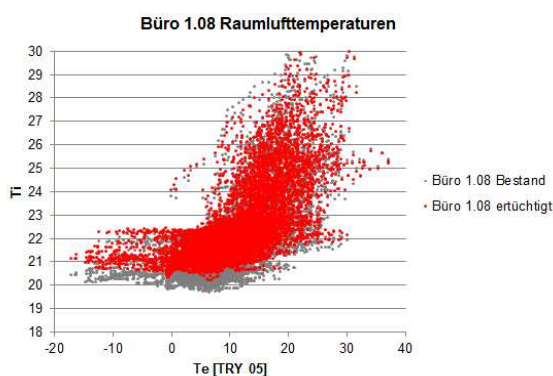
Abbildung 76: Überblick über Nutz-, End- und Primärenergiebedarf, sowie Kohlendioxidemissionen der ertüchtigten Zone 2.18 im ersten Obergeschoss im Vergleich zum Bestand.

Abbildung 77: Überblick über Nutz-, End- und Primärenergiebedarf, sowie Kohlendioxidemissionen der ertüchtigten Zone 2.21 nach Südwesten im ersten Obergeschoss.

9.3.3 Pavillon

Die bestehenden und zu erhaltenen, stählernen Fensterprofile bleiben potentiell kondensatgefährdet, wie bereits in der bauklimatischen Bewertung erläutert.²³⁷ Die Flankendämmung der auskragenden Stahlbetondachscheibe eliminiert die dort bisher herrschende Schadensgefahr. Die verbleibenden Schadenspotentiale an den Profilen sind also immer sichtbar und zugänglich, und der sehr glatte, lackierte Untergrund bietet Schimmel weniger Halt und Nährboden als z.B. eine poröse Putzfläche. Das Schadenspotential ist also nicht völlig minimiert, aber beherrschbar.

Hinsichtlich der Behaglichkeit sind die Bürozonen und der Sitzungsraum zu unterscheiden. Da in den Bürozonen keine technischen Geräte zur Lüftung oder Kühlung vorgesehen sind, wird es keine Verringerung der sommerlichen Temperaturspitzen geben. Doch die neue Isolierverglasung sorgt hier für eine Erhöhung der Raumtemperaturen im unteren Bereich. Dieses Defizit wird spürbar ausgeglichen und die Nutzung eines separaten Heizlüfters im Winter sollte überflüssig damit sein.



1.08	Ts Fenster	12,50 °C
Bestand	Ts Innenflächen	21,00 °C
02.02.2012	Ts Mittel, gewichtet	14,57 °C
	Ti	20,6 °C
	Top gefühlt Arbeitsplatz	17,59 °C
1.08	Ts Fenster	16,80 °C
saniert	Ts Innenflächen	21,60 °C
02.02.2012	Ts Mittel, gewichtet	17,97 °C
	Ti	21,60 °C
	Top gefühlt Arbeitsplatz	19,79 °C
	ΔT	2,20 °C

Abbildung 78: Raumlufthtemperaturen in der Bürozone 1.08 (links). Rechts die operativen Temperaturen am Arbeitsplatz.

Die große Fensterfläche beeinflusst im Pavillon die operative Temperatur am Arbeitsplatz mehr als in allen anderen Bauabschnitten und Zonen. Durch die Isolierverglasung wird eine spürbare Erhöhung in die Komfortzone erreicht. Die höhere winterliche Behaglichkeit ist auch im Vergleich der Behaglichkeitsindizes nach Fanger in den Monaten Oktober bis Februar deutlich ersichtlich.

²³⁷ Siehe auch Kapitel 8.5.3 Pavillon

Tabelle 13: Behaglichkeitsindizes für 1.08 im Bestand (links) und nach der Ertüchtigung (rechts)

	Variables			Variables	
	PPD, Predicted Percentage of Dissatisfied, at occupant 1, %	PMV, Predicted Mean Vote, at occupant 1		PPD, Predicted Percentage of Dissatisfied, at occupant 1, %	PMV, Predicted Mean Vote, at occupant 1
January	3.2	-0.1	January	2.5	-0.1
February	3.0	-0.1	February	2.4	-0.1
March	2.4	-0.1	March	2.0	-0.1
April	1.9	-0.1	April	1.6	-0.1
May	1.7	-0.0	May	1.6	0.0
June	1.9	0.0	June	2.0	0.0
July	3.0	0.1	July	2.9	0.1
August	2.6	0.1	August	2.5	0.1
September	1.4	-0.0	September	1.4	-0.0
October	2.1	-0.1	October	1.8	-0.1
November	2.8	-0.1	November	2.2	-0.1
December	3.0	-0.1	December	2.3	-0.1
mean	2.4	-0.1	mean	2.1	-0.0

Das Sitzungszimmer 1.11 wurde in Bestand und Ertüchtigung mit einer Belegung von dreißig Prozent simuliert. Lüftung und Kühlung sind nur zu den Sitzungszeiten in Betrieb, während die Heizung permanent in Betrieb ist. Dies ist notwendig, um den Raum auch spontan nutzen zu können, und um eine zu starke Auskühlung auch hinsichtlich der Oberflächenluftfeuchten und Schadenspotentiale zu vermeiden. Im Sitzungszimmer zeigt das Lüftungsgerät mit Kühlfunktion seine Wirkung und begrenzt Hitzespitzen auf maximal 25°C.

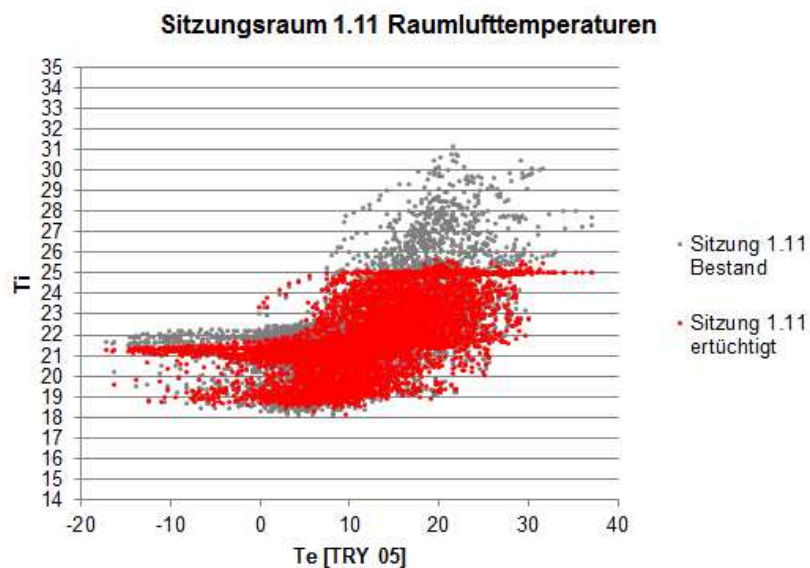


Abbildung 79: Raumlufttemperaturen in Zone 1.11

Die operative Temperatur nahe der Verglasung verbessert sich in dieser Zone genauso wie in den Bürozonnen. Die Behaglichkeitsindizes nach Fanger verbessern sich erwartungsgemäß deutlich in den Sommermonaten Juli und August.

Tabelle 14: Behaglichkeitsindizes für 1.11 im Bestand (links) und nach der Ertüchtigung (rechts)

	Variables			Variables	
	PPD, Predicted Percentage of Dissatisfied, at occupant 1, %	PMV, Predicted Mean Vote, at occupant 1		PPD, Predicted Percentage of Dissatisfied, at occupant 1, %	PMV, Predicted Mean Vote, at occupant 1
January	1.4	-0.1	January	1.5	-0.1
February	1.1	-0.0	February	1.2	-0.0
March	0.9	-0.0	March	1.0	-0.0
April	0.7	-0.0	April	0.8	-0.0
May	0.5	-0.0	May	0.5	-0.0
June	0.6	0.0	June	0.5	-0.0
July	1.1	0.0	July	0.5	0.0
August	1.1	0.0	August	0.5	0.0
September	0.5	-0.0	September	0.4	-0.0
October	0.7	-0.0	October	0.8	-0.0
November	1.2	-0.0	November	1.3	-0.1
December	1.5	-0.1	December	1.5	-0.1
mean	0.9	-0.0	mean	0.9	-0.0

Die Heizlasten verringern sich in den beiden untersuchten Zonen im Pavillon wenig, was aufgrund des Minimaleingriffs in die Gebäudehülle mit neuer Verglasung und der ertüchtigten Wärmebrücke wenig verwundert. Besonders klar wird im Vergleich zur Ertüchtigung von Zone 3.12 im Staffelgeschoss, dass die Heiz- und Kühllasten untrügliche Indikatoren für die thermische Qualität der Gebäudehülle sind. Im Pavillon fällt auf, dass die Diskrepanz zwischen dynamisch simulierten und stationär berechneten Heizlasten besonders im ertüchtigten Zustand weniger stark ist. In Zone 1.11 gibt es sogar den seltenen Fall, dass die Heizlastkurve die Normheizlastgerade schneidet.

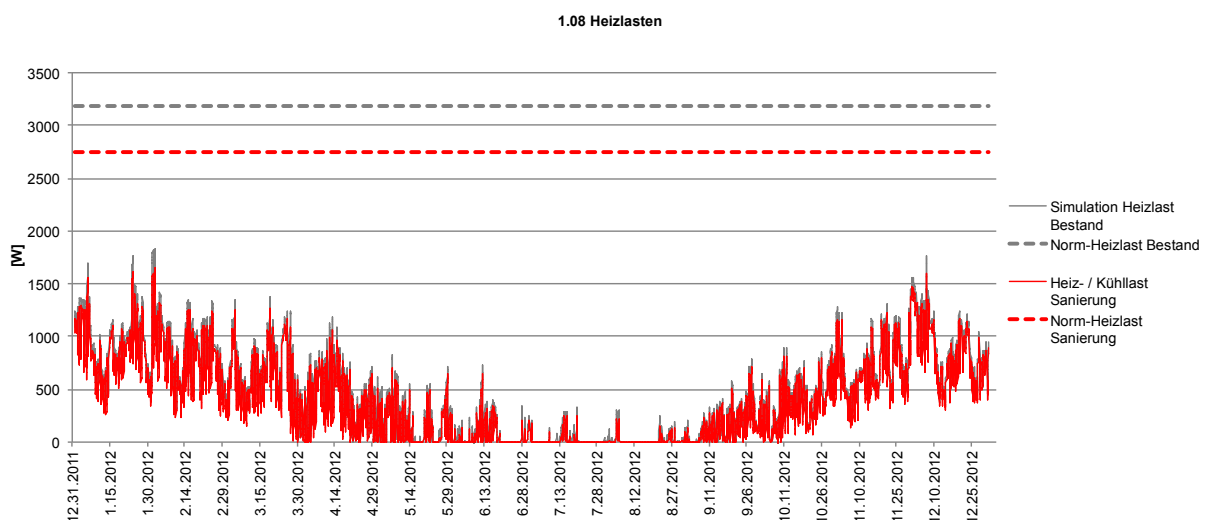


Abbildung 80: Heizlasten in Zone 1.08.

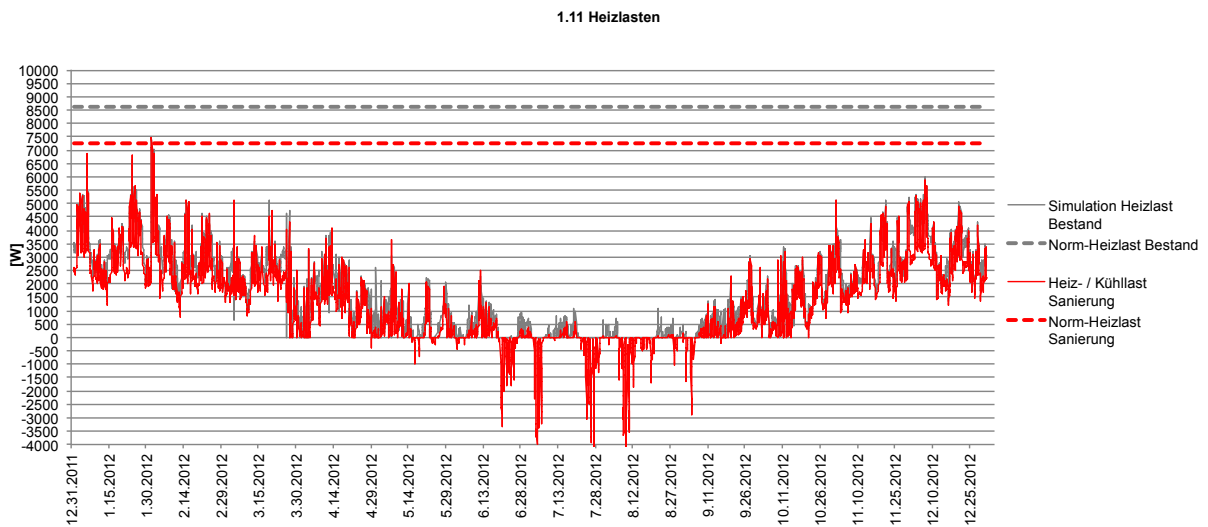


Abbildung 81: Heizlasten in Zone 1.11.

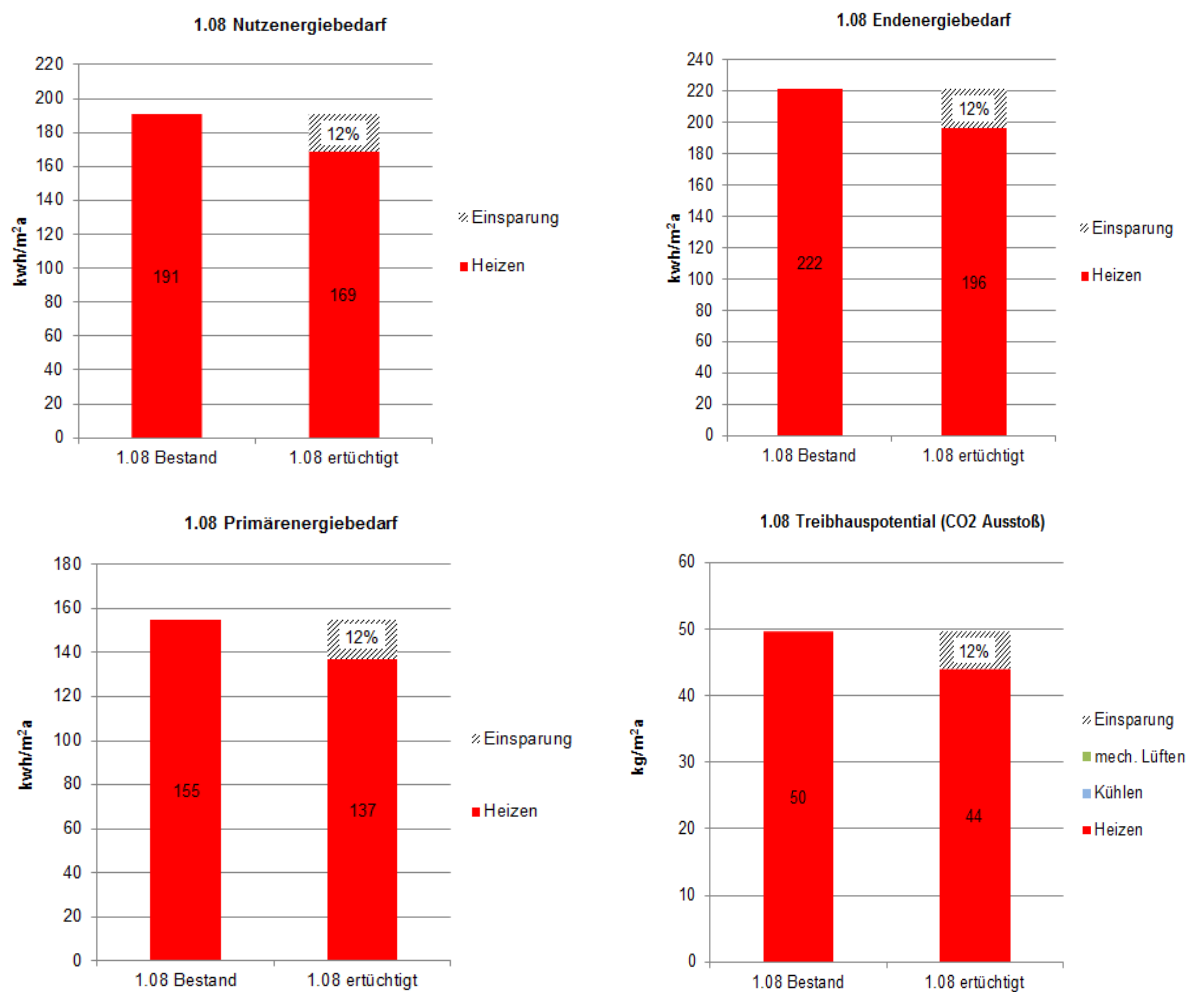


Abbildung 82: Überblick über Nutz-, End- und Primärenergiebedarf, sowie Kohlendioxidemissionen der ertüchtigten Zone 1.08 (Büro) im Pavillon.

Die Heizlastermittlungen lassen vermuten, dass der Nutzenergiebedarf nur moderat im Vergleich zum Bestand sinkt. Es sei an dieser Stelle aber auch nochmal darauf hingewiesen, dass die Dachscheibe in Folge der Renovierungsarbeiten von 2010 bereits aufgedämmt worden ist; der davor herrschende, weitgehend ungedämmte Zustand hätte im Pavillon deutlichere Einsparungen bei den Ertüchtigungslösungen hervorgebracht, die sich in dieser Studie „schöner“ gemacht hätten.

Da den Bürozononen des Pavillons weder mechanische Lüftung noch Kühlgeräte zum Einsatz kommen sollen, verschieben sich die Prozentsätze der Einsparung von Nutz- über End- bis zur Primärenergie nicht: Die Einsparung bleibt anteilig immer bei 12%.

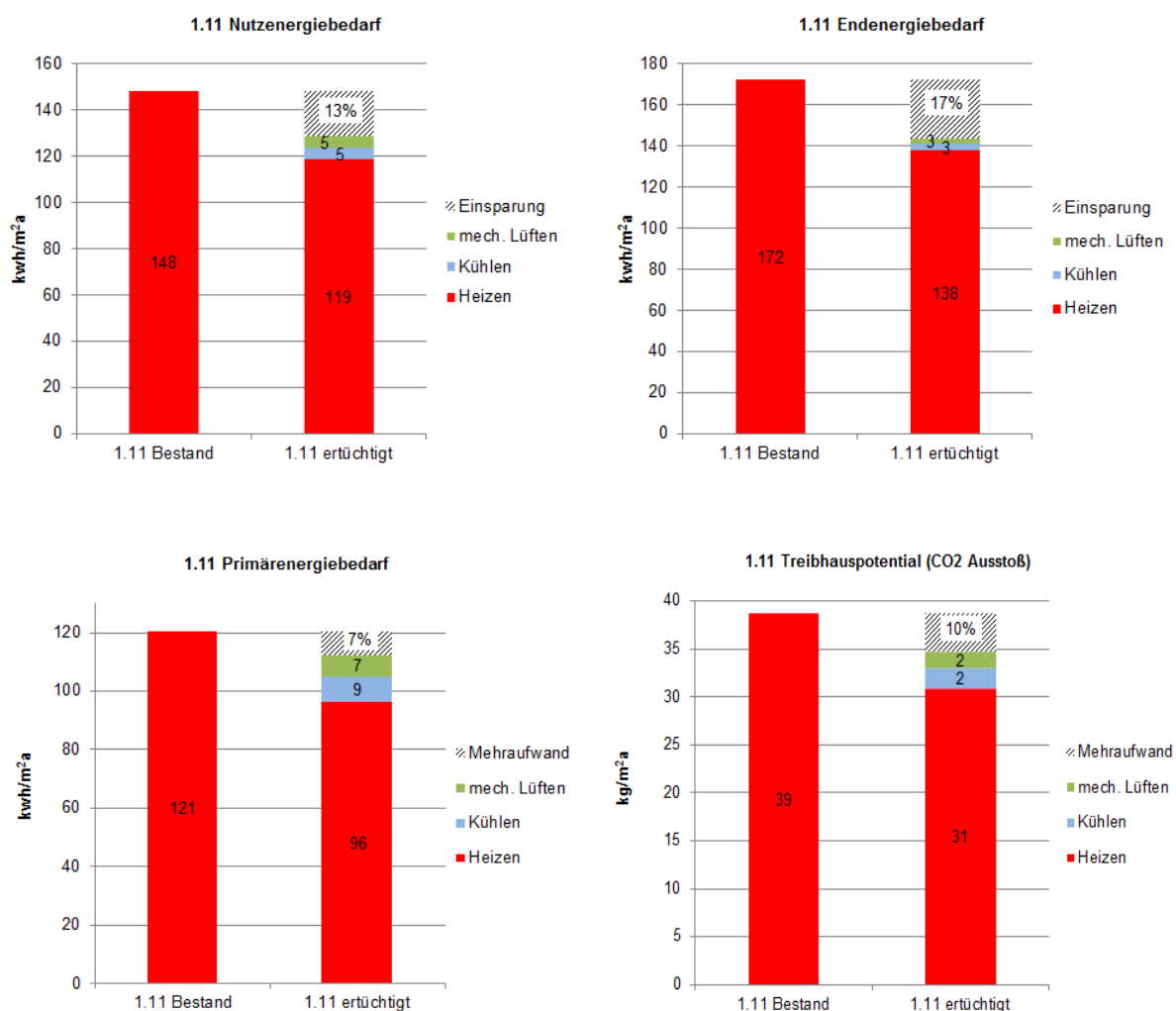


Abbildung 83: Überblick über Nutz-, End- und Primärenergiebedarf, sowie Kohlendioxidemissionen der ertüchtigten Zone 1.11 (Sitzungsraum) im Pavillon.

10. Umweltwirkung

10.1 Grundlagen

Das Einsparen von Primärenergie und CO₂-Emissionen im Gebäudebetrieb nach einer erfolgten energetischen bzw. bauklimatischen Sanierung belegt noch nicht die Umweltfreundlichkeit der getroffenen Maßnahmen. Die Frage ist zu stellen, wie viel Energie die baulichen und technischen Veränderungen insgesamt gekostet haben und welche Emissionen und Rückstände dabei in die Umwelt abgegeben wurden und in Zukunft abgegeben werden. Bleibt „unterm Strich“ dann noch eine Einsparung? Wenn ja, wann haben sich die Energie- und Stoffinvestitionen amortisiert?

Für die Praxis des nachhaltigen Bauens sind in den vergangenen Jahren dazu Regelwerke, Normen und Werkzeuge definiert worden.²³⁸

Die Umweltwirkung baulicher Maßnahmen wird durch die sogenannten *Inputs* und *Outputs* definiert, also durch die aufgewandte Energie und Wassernutzung für Herstellung, Transport, Lagerung, Einbau, Rückbau und Entsorgung, sowie die dabei entstehenden Abfälle und Rückstände. Die Wirkbilanz wird über verschiedene Indikatoren dargestellt, hierzu gehören abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP), Eutrophierungspotential (EP), Phosphat-Äquivalent, Ozonabbaupotential (ODP), Photochemisches Oxidantienbildungspotential (POCP), Treibhauspotential (GWP 100) und Versauerungspotential (AP).²³⁹

Mit aktuellen Softwarewerkzeugen können die oben genannten Werte in einer Ökobilanz vollständig ermittelt werden. Dafür werden jedoch ein vollständiges Gebäudedatenmodell und eine Gesamtenergiebilanzierung benötigt. Ein Versuch der separaten Beurteilung der bisher bearbeiteten, charakteristischen Raumzonen wurde unternommen²⁴⁰. Dies führte aber nicht zum Erfolg, da die Grundlage eine vollständige, EnEV-basierte Energiebilanz hätte sein müssen und dies den hier eingeschlagenen, eigens entwickelten Lösungsweg kompromittiert hätte.

Im Sinne der Zielstellung und der eingeschlagenen Arbeitsweise dieser Studie wurden daher wieder die repräsentativen Raumzonen genutzt, um die entwickelten Ertüchtigungskonzepte anhand der beiden wichtigsten Indikatoren, Primärenergie- und CO₂-Amortisation, individuell zu überprüfen. Die berechneten Einsparungen des Primärenergiebedarfs und des Treibhauspotentials gegenüber dem Bestand werden den für die Ertüchtigungen aufgewendeten Primärenergiemengen und CO₂-Emissionen dabei gegenübergestellt.

Die notwendigen Stoffwerte lieferte die Baustoffdatenbank Ökobau.dat, die Massen wurden aus den zur Verfügung stehenden Planunterlagen und dem Simulationsmodell ermittelt. Die Berechnung des Energieaufwandes und der CO₂-Emissionen erfolgte für jede Zone in einer Tabellenkalkulation, in der dann auch die Amortisationszeiten unter Verwendung der Simulationsergebnisse ermittelt werden konnten. Die Primärenergieanteile der verwendeten Stoffe beinhalten jeweils immer die Summe aus regenerativen und nicht regenerativen Anteilen.

²³⁸ Siehe auch Kapitel 3.2.2 Nachhaltigkeit in der Denkmalpflege

²³⁹ Ökobau.dat 2011

²⁴⁰ Genutzt wurde eine Software zur Lebenszyklusplanung, LEGEP.

10.2 Bewertung der bauklimatischen Ertüchtigung

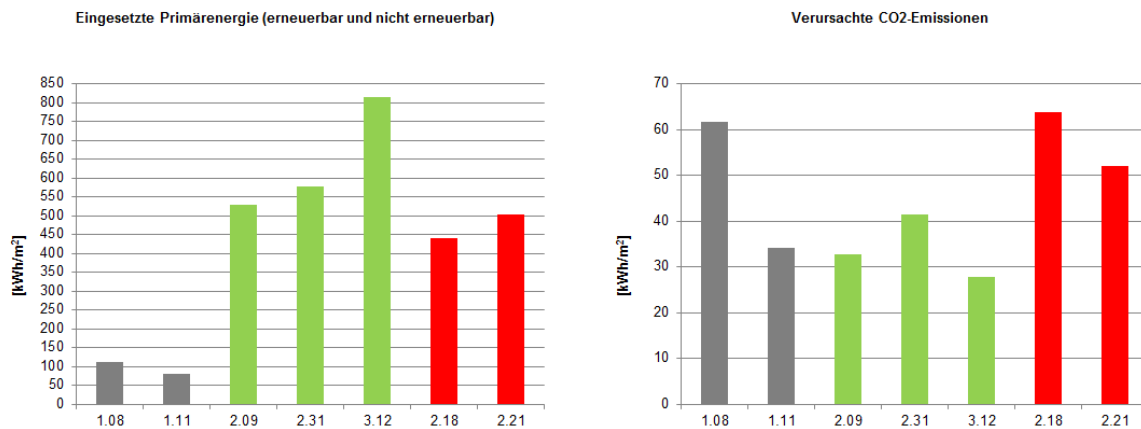


Abbildung 84: Primärenergieeinsatz und verursachte CO₂-Emissionen der für die Ertüchtigungen verwendeten Baustoffe und Technischelemente (bezogen auf [m²] Nettoraumfläche).

Die Übersicht der aufgewendeten Primärenergien und CO₂-Emissionen zeigt, dass beide Werte keinesfalls proportional im Verhältnis stehen. Dies ist den Prozessen von Gewinnung, Herstellung, Entsorgung der verwendeten Stoffe geschuldet, Holz und Holzwerkstoffe beispielsweise haben einen hohen –wenn auch regenerativen– Primärenergieanteil; das aus der Atmosphäre im Holz gebundene CO₂ wird jedoch voll berücksichtigt und führt so sogar zu negativen Kohlendioxidwerten.

Aus diesem Grund kann nicht davon ausgegangen werden, dass kleine Maßnahmen wie der Austausch der Verglasung im Pavillon, aufgrund geringeren Materialeinsatzes bessere CO₂-Bilanzen aufweisen wie die „Komplettsanierung“ im Staffelgeschoss.

Zudem haben die Ergebnisse der Energiebedarfsberechnungen gezeigt, dass die erzielten Einsparungen nicht nur abhängig von dem baulich Erreichten, sondern auch von den Primärenergiefaktoren (hier für Strom und Fernwärme) abhängig sind. Kleinere Endenergieaufwendungen z.B. für den Strom der Lüftungsventilatoren erscheinen in der Primärenergiebetrachtung als große Posten, während der Heiz-Endenergiebedarf, mit dem Faktor der Fernwärme multipliziert, kleiner wird. Für die Ressourcenamortisation sind jedoch genau diese Ergebnisse anzusetzen, was je nach Raumzone zu langen Amortisationszeiten führen wird.

Die Ergebnisse der Amortisationszeiten von Primärenergie und Kohlendioxid reflektieren die oben beschriebenen, komplexen Voraussetzungen: Ein einfaches Prinzip ist nicht ohne weiteres erkennbar. Auf den ersten Blick fällt die hohe Spreizung auf: Fünf Jahre braucht es in den Bürozone des Pavillons für die Amortisation der eingesetzten Primärenergie, zwanzigmal länger im nach Südwesten orientierten Büro im Anbau, bis die verbrauchten Energiemengen neutralisiert sind. Wie schon in der Aufstellung der verursachten Kohlendioxidemissionen ersichtlich, gibt es auch hier keinen proportionalen Zusammenhang.

Auf den zweiten Blick erstaunen die Ergebnisse der Amortisationszeiten im Vergleich zum Energieaufwand: Das Staffelgeschoss hat mit Abstand den höchsten Primärenergieeinsatz zu verzeichnen, amortisiert sich jedoch nach bereits zwölf Jahren. Bei der CO₂-Amortisation hat dieselbe Zone mit unter zwei Jahren den Bestwert. Die primärenergetisch rasch amortisierten Maßnahmen im Pavillon jedoch stehen langen Amortisationszeiten beim CO₂ gegenüber. Zone 2.21 im Anbau ist in beiden Betrachtungen am schlechtesten, da hier nur kleine Einsparungen erzielt werden.

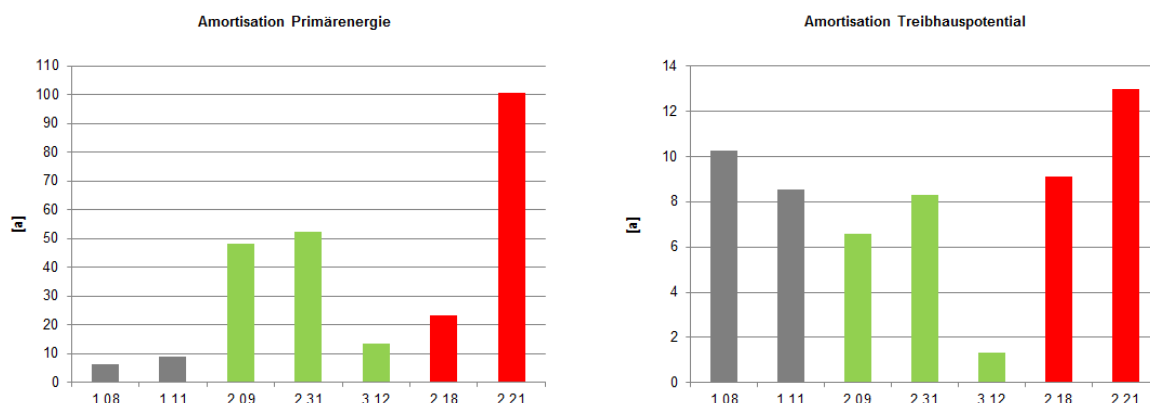


Abbildung 85: Links Amortisation der eingesetzten Primärenergie, rechts Amortisation der CO₂-Emissionen.

Bezogen auf einen Zeitraum von 20 Jahren, werden in den Vollgeschosszonen des Hauptbaus noch Verluste erzielt, während in Staffelgeschoss und Pavillon bereits Einsparungen zu verzeichnen sind. Bezogen auf eine Lebensdauer der neuen Bauteile von fünfzig Jahren, für die technischen Anlagen von zwanzig Jahren, kann nicht in allen Zonen am Ende eine positive Umweltwirkung erreicht werden.

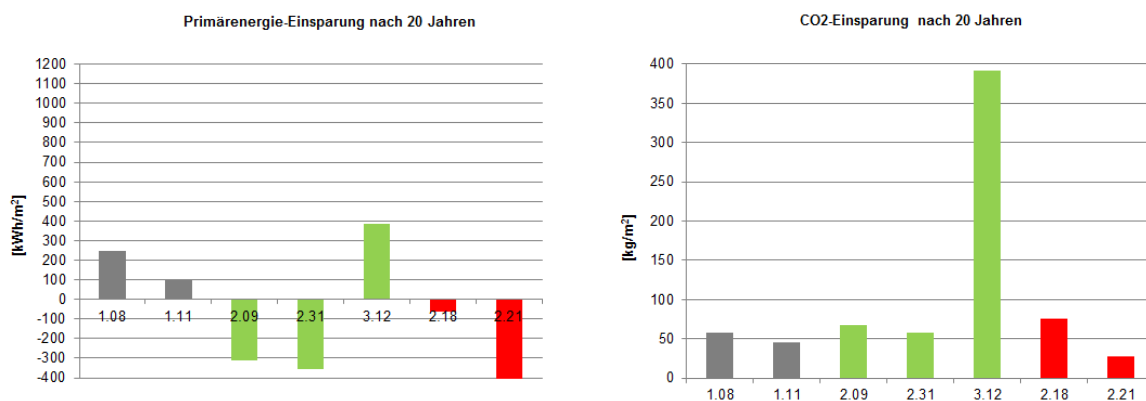


Abbildung 86: Links die eingesparte Primärenergie nach 20 Jahren, rechts die eingesparten CO₂-Emissionen des gleichen Zeitraumes.

10.3 Fazit

Hohe Einsparungen von Primärenergie und CO₂ wie im Staffelgeschoss zeigen, dass auch ein zunächst hoher Ressourcenaufwand schnell amortisierbar ist, wenn die Einsparungen entsprechend hoch sind. Nach dem „break even“ sind signifikante Ressourceneinsparungen möglich. Diese Situation ist jedoch nicht ohne weiteres auf andere Denkmale übertragbar, denn ohne den hier zur Verfügung stehenden Hohlraum im Dachstuhl des Flugdaches wäre die vorgeschlagene Zellulose-Volldämmung auf Passivhausniveau nicht möglich. Falls aber die Möglichkeit derartiger, nachträglicher Volldämmungen besteht, sollte sie stets genutzt werden.

Die Zonen in den Vollgeschossen des Hauptbaus und im Pavillon sind also eher „typische“ Situationen von Baudenkmalen der 1950er Jahre: Keine Möglichkeit dicker Dämmpakete, schlanke Fensterprofile mit hohem Wärmedurchgang, verbesserungsbedürftige, aber nicht vollständig lösbare Wärmebrücken. Hier zeigt sich, dass ein verhältnismäßig hoher Energieaufwand relativ geringen Einsparungen gegenüber steht und die Amortisationszeiten entsprechend lang sind. Die CO₂-Einsparungen treten jedoch deutlich früher ein, aus dieser Sicht sind die Maßnahmen durchweg erfolgreich.

Doch wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, darf die Ertüchtigung im Denkmal nicht einseitig auf die Energieeinsparung fokussiert werden: Im Vordergrund stehen der Erhalt und die gute Nutzbarkeit des Denkmals. Dennoch sollte eine „nachhaltige Instandsetzung“ am Ende nicht zu einem exzessiven Ressourcenmehraufwand führen: In diesem Fall wären die Raumnutzungsszenarien, Behaglichkeitsanforderungen und Schadenspotentiale erneut zu überprüfen und ggf. anzupassen.

Auf der anderen Seite stünde jedoch womöglich als letzte Alternative der Abriss des Denkmals, gefolgt von einem Neubau: Neben einem Totalverlust des Denkmals wären auch die hierfür aufzuwendenden Ressourcen um ein Vielfaches höher, selbst wenn die Einsparungen bei der Alternative einer Instandsetzung zunächst gering erscheinen würden.

Bei der Bilanzierung der Umweltwirkung von Sanierungsmaßnahmen kritisch zu sehen ist die „Leistungssteigerung“ durch unrealistische Primärenergiefaktoren: Auch vollständig regenerativ erzeugter Ökostrom ist eine knappe Ressource; so steigt dessen Anteil im aktuellen Strom-Mix in Deutschland zwar an, es dominieren aber fossile und –noch– nukleare Energiequellen. Auch die positiven Vorfaktoren lokaler Fernwärmeanbieter sollten nicht dazu verleiten, das Potential der baulich und technisch möglichen Maßnahmen –die Denkmalverträglichkeit vorausgesetzt– nicht voll auszuschöpfen. Auch regenerative Energie ist kostbar.

11. Schlussbetrachtung

In der intensiven Auseinandersetzung mit der ehemaligen bayerischen Landesvertretung als Fallstudie für die Moderne der fünfziger Jahre sind auf verschiedenen Ebenen wichtige Erkenntnisse für die bauklimatische Ertüchtigung historischer Bausubstanz und im Speziellen denkmalgeschützter Bauten der Nachkriegsmoderne gewonnen worden.

Die in aktuellen Regelwerken und Förderprogrammen hauptsächlich auf Energieeinsparung verengte Zielsetzung der *energetischen Sanierung* ist zu überdenken und anzupassen, um Denkmalen gerecht werden zu können: Über die Reduktion des Energiebedarfs hinaus sind Schadenssicherheit und Behaglichkeit unverzichtbare Zielstellungen der Denkmalinstandsetzung, denn sie sind untrennbar verknüpft mit den Parametern Materialerhalt, Nutzbarkeit und langfristiger Bewirtschaftbarkeit, also dem Erhalt des Denkmals als solches. Die Zielstellung ist somit die umfassende *bauklimatische Ertüchtigung* als Teil einer *nachhaltigen Instandsetzung* des Denkmals. Die derzeit üblichen Strategien, Methoden und Werkzeuge sind dafür nur bedingt geeignet.

Zur Bewertung des vorhandenen Zustandes ist es daher notwendig, die übliche kunsthistorische, architektonische und baukonstruktive Bestandsaufnahme zu ergänzen: Hierzu gehören die messtechnische Erfassung der Bausubstanz und der Anlagentechnik zur Beurteilung bestehender Schäden, Schadenspotentiale und Behaglichkeitsdefizite. Essentiell ist die zudem die Einbeziehung der Gebäudenutzer: Durch ihre Beurteilung des Raumklimas werden Erfahrungswerte ermittelt, die im Abgleich mit den Messergebnissen ein realistisches Bild der Behaglichkeit im Haus ergeben. Nur diese, im Vergleich zu dem auf Standardwerten basierenden EnEV-Verfahren individuelle Gebäudebewertung, führt zu umfassenden Erkenntnissen für eine zielführende Instandsetzungsplanung im Sinne des denkmalpflegerischen Einzelfallprinzips. Durch Definition repräsentativer Raumzonen für Messung, Befragung und spätere Simulationen bleibt der Gesamtaufwand dabei beherrschbar.

Bei Bestandsbewertung konnte aber noch ein weiterer, essentieller Aspekt erforscht werden: Das Architekturkonzept Sep Rufs beinhaltet bereits fundierte Überlegungen zur Bauklimatik; so ist z.B. die elegante Fassadeneinheit aus Schwingfenster und Fallarmmarkise nicht nur ein typisches „Stilelement“ der 50er Jahre Moderne, sondern wichtiger Bestandteil des Nutzungs-, Lüftungs- und Verschattungskonzeptes.

Sicherlich kann die hier vorgefundene, hohe konzeptionelle Qualität nicht auf die gesamte Epoche und ihre Vertreter übertragen werden. Allerdings wird doch sehr klar, dass den herausragenden Bauten der Moderne und im speziellen der Nachkriegsmoderne Architekturkonzepte zugrunde liegen, die stets ästhetische, funktionale und technische Aspekte vereinen.

Das Konzept Rufs gehört also zu Grundstruktur des Hauses. Es wird selbst als Denkmalwert erachtet und ist somit eine Grundlage der Instandsetzungsüberlegungen. Die hier vorgeschlagenen Erneuerungen sind also keine *Rekonstruktion*, sondern *Wiedergewinnung* ästhetischer und bauklimatischer Strukturen.

Die Eingriffe und Erneuerungen dienen dem Erhalt des Denkmals: Die Nutzbarkeit wird verbessert, der Energieverbrauch und damit die Bewirtschaftungskosten reduziert, Schadenspotentiale werden minimiert. Der Schwerpunkt liegt auf langlebigen, baulichen, passiven Maßnahmen in Abstimmung mit dem ursprünglichen Gebäudekonzept, die durch abgestimmte, möglichst einfache Anlagentechnik ergänzt werden.

Zur Quantifizierung und somit bauklimatischen Bewertung der Instandsetzungsvorschläge ist ein dynamisches Gebäudesimulationswerkzeug die optimale Methode: Hiermit können zum einen die unterschiedlichen baulichen Situationen im Modell abgebildet, und zum anderen die in der Realität durchgeführten Messungen in den virtuell ertüchtigten Räumen fortgesetzt werden. Nach der Kalibrierung und Optimierung des Simulationsmodells mit den realen Messwerten liefert das Werkzeug realitätsnahe, dynamische Werte, die einen direkten vorher-nachher Vergleich möglich machen. Zudem kann das Werkzeug in den architektonischen Entwurfs- und Konstruktionsprozess nahtlos eingebunden werden. Mit den zur Zeit üblichen, statischen Normverfahren²⁴¹ wären derart individuelle Ergebnisse nicht erzielbar. Die Nutzung der Simulationstechnik ermöglicht also die differenzierte Einzelfallbetrachtung und ist somit sehr gut für die denkmalgerechte Instandsetzungsplanung geeignet.

Zur Beurteilung der Umweltwirkung als zentraler Aspekt der Nachhaltigkeitsbewertung wurden für die vorgeschlagenen Instandsetzungsszenarien aufgewendeter Primärenergiebedarf und verursachte CO₂-Emissionen jeweils mit den erzielten Einsparungen in Bezug gesetzt.

Die Spezifikation der neu eingebrachten Baustoffe erfolgte abgestimmt auf die jeweilige Einbausituation. Wo möglich, wurden Baustoffe mit geringen Primärenergiebedarf und guter CO₂-Bilanz gewählt; im Vordergrund standen jedoch Robustheit und Langlebigkeit.

Die Bewertung der Umweltwirkung fiel je nach Gebäudeteil unterschiedlich aus; die Ergebnisse sind derart individuell, dass keine allgemeinen Schlüsse gezogen werden können. Die eingebrachte regenerative und nichtregenerative Primärenergie amortisiert sich in manchen Bereichen nach kurzer Zeit, in anderen allerdings erst nach fünfzig oder hundert Jahren. Unterm Strich sind aber vor allem hinsichtlich der CO₂-Einsparung für alle Zonen gute Ergebnisse erzielt worden. In der Gesamtbilanz sind die Maßnahmen somit positiv hinsichtlich der Umweltwirkung zu bewerten.

²⁴¹ nach DIN und EnEV

12. Ausblick

Die Ergebnisse dieser Fallstudie sind vielversprechend: Zum einen für eine weitere Planung und Realisierung vor Ort; zum anderen für die weitere Erforschung nachhaltiger Instandsetzungsmaßnahmen an Denkmälern. Auch die hier gezeigte Integration der realitätsnahen Quantifizierung in den architektonischen Entwurfs- und Konstruktionsprozess ist es wert, weiterentwickelt zu werden.

Eine Realisierung der in dieser Studie entwickelten Maßnahmen sowie deren detaillierte Auswertung soll die erzielten Erfolge unter Beweis stellen, gleichzeitig aber auch mögliche Nachteile oder Defizite aufzeigen. Hierfür sind die in dieser Studie getroffenen Aussagen in eine detaillierte Planung zu übertragen und ggf. für die praktische Umsetzung anzupassen. Die Wirksamkeit der durchgeführten Maßnahmen sollte dann in einem neuen Gebäudemonitoring mit Überwachung der Verbrauchswerte, mit Raumklima- und Bauteilmessungen, sowie einer Nutzerbefragung überprüft werden. Auch aus denkmalpflegerischer Sicht ist das Endergebnis zu diskutieren.

Natürlich können die erzielten Erkenntnisse nicht pauschal auf ähnliche Denkmale der Nachkriegsmoderne oder anderer Epochen übertragen werden; dies würde einer der Kernaussagen dieser Arbeit –die Entwicklung individueller Lösungen– völlig widersprechen. Doch die formulierte Zielstellung, die angewandten Methoden und benutzten Werkzeuge sollen eine Grundlage und Anregung für weitere Fallstudien und Praxisprojekte sein.

Die Fallstudie sollte darüber hinaus einen Anstoß geben, die hier angewandten, für bautechnische und öffentlich-rechtliche Nachweise bisher aber nicht anerkannten Methoden und Werkzeuge zu verbreiten und über wissenschaftliche Anwendungen hinaus für die Praxis zu etablieren.

Auch für die denkmalpflegerische Einordnung und Bewertung der Architekturen der Moderne besteht weiterer Forschungs- und Erfahrungsbedarf. Ein zentraler Aspekt dieser Epoche –jenseits der Material- und Stilfragen– ist das Architekturkonzept. Die Architekturkonzepte der Moderne integrieren Kunst, Funktion und Technik konsequent. Die aus dieser Haltung entwickelten Architekturen sollten daher nicht nur anhand von Proportion, Oberfläche, Farbfassung oder gar „Stil“ bewertet werden, sondern auch anhand ihrer nicht sichtbaren Merkmale und technischen Werte²⁴². Die seit den fünfziger Jahren stetig weiterentwickelten, technischen Innovationen z.B. im Bereich der Wärmedämmsysteme werden noch nicht als Teil unserer Baukultur begriffen. Architekturdenkmale der Moderne sind jedoch aufgrund ihrer ganzheitlichen Konzepte auch (bau)technische Denkmale, Prototypen von heute standardmäßig eingesetzter oder bereits weiterentwickelter Bautechnik. Diese wegweisenden Projekte gilt es zu bewahren.

Ein letztes Wort gilt der Nachhaltigkeitsbewertung von Instandsetzungsmaßnahmen an Baudenkmälern: Aufgrund der von Fall zu Fall meist individuellen Randbedingungen ist die „objektive“

²⁴² 2014 wurde an der BTU Cottbus das DFG-Graduiertenkolleg „Kulturelle und Technische Werte historischer Bauten“ gestartet. Ziel ist die Analyse des „*Spannungsfeld zwischen Kunst, Technik und Gesellschaft*“.

und vergleichende Betrachtung nicht ohne weiteres möglich. Kein Denkmal ist wie das andere. So sollte zukünftige Forschung eher nach der Anpassung der Nachhaltigkeitsbewertung auf Denkmalsituationen fragen, als nach der Einpassung von Denkmalen in bereits entwickelte –und primär für Neubauten angewandte- Bewertungsschemata.

Literatur

- Arndt 1961 Adolf Arndt. *Demokratie als Bauherr*. Akademie der Künste , Berlin 1961.
- ASR 3.5 Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hg.). *Technische Regeln für Arbeitsstätten – Raumtemperatur*. BAuA, Dortmund 2010.
- Bayern 1956 Bayerische Landeszentrale für Heimatdienst (Hg.). *Bilderwerk. Das Land Bayern. Band 1: Der Aufbau des Staates*. München 1956.
- Baukunst 1958 Baukunst und Werkform. *Dienstgebäude des Bevollmächtigten des Landes Bayern in Bonn*. 1958, Heft 4, S.198-199.
- Bonner Rundschau Bonner Rundschau vom 14.09.1954.
Bonner Rundschau vom 06.05.1955.
- BR 2011 Michael Kubitz. *Sep Ruf-die neue Leichtigkeit des Bauens*. Archiv des Bayerischen Rundfunks 2009. www.br.de.
- Braum/
Welzbacher 2009 Michael Braum, Christian Welzbacher (Hg.). *Nachkriegsmoderne in Deutschland-Eine Epoche weiterdenken*. Birkhäuser Verlag AG, Basel 2009.
- Bundesrat 2012 Bundesrat (Hg.). *Einblick-Beträge zu Bundesrat und Föderalismus. Die Geschichte der deutschen Länder*. Ausgabe 3, Berlin 2012. www.bundesrat.de
- Burkhardt 2012 Berthold Burkhardt. *Bauen ohne Vorbild? Bautechnologien der Nachkriegsarchitektur*. In: Gisbertz (Hg.). *Nachkriegsmoderne kontrovers: Positionen der Gegenwart*. Berlin 2012.
- Preussenblatt 1967 Das Ostpreussenblatt, Jahrgang 18, Ausgabe 34, vom 26. August 1967.
- Durth/ Gutschow 1998 *Architektur und Städtebau der fünfziger Jahre*. Deutsches Nationalkomitee für Denkmalschutz, 1998.
- EEWärmeG Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz, zum Zeitpunkt dieser Arbeit gültige Fassung vom 22.12.2011.
- Engelhardt 2013 Lars Engelhardt: Raumklima und Behaglichkeitsbewertung. Masterthesis an der Fachhochschule Potsdam 2013.
- EnEV Energieeinsparverordnung, zum Zeitpunkt dieser Arbeit gültige Fassung EnEV 2009.
- FAZ 12.01.2012 Birgit Ochs. *Es geht auch ohne Dämmzwang*. Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 12.01.2012.
- Darmstadt 1951 Bauwelt-Fundamente, Band 94. *Mensch und Raum. Das Darmstädter Gespräch 1951*. Neuausgabe, Braunschweig 1991.
- Deutscher Wetterdienst 2012 Deutscher Wetterdienst: *Globalstrahlung. Die Energie der Sonne*. 05/2012.
- DIN EN ISO 10551 *Ergonomie des Umgebungsklimas- Beurteilung des Einflusses des Umgebungsklimas unter Anwendung subjektiver Bewertungsskalen*. Bauteilinneren. Beuth Verlag, Berlin 2001.

- DIN EN ISO 13788 *Berechnungsverfahren der raumseitigen Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchten und Tauwasserbildung im Bauteilinneren.* Beuth Verlag, Berlin 2001.
- DIN EN ISO 14040 *Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen.* Beuth Verlag, Berlin 2009
- DIN EN ISO 14044 *Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen.* Beuth Verlag, Berlin 2009
- DIN EN 15026 *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen –□Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation;* Deutsche Fassung, Beuth Verlag, Berlin 2007.
- DIN 15251 *Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden –□Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik.* Deutsche Fassung, Beuth Verlag, Berlin 2007.
- DIN V 18599 DIN V 18599, Ausgabe 2007-02, Beuth Verlag, Berlin.
- DIN 4108 (1952) *Wärmeschutz im Hochbau.* Beuth- Verlag, Berlin.
- DIN 4108 *Wärmeschutz und Energieeinsparung im Hochbau.* Teile 2,3,4,6,7, und 10, sowie Beiblatt 2. Beuth- Verlag, Berlin 2003-2013.
- DIN EN ISO 7730 *Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit.* Beuth Verlag, Berlin 2006.
- Durth/Gutschow 1990 Werner Durth, Nils Gutschow. *Architektur und Städtebau der fünfziger Jahre.* Ergebnisse der Fachtagung in Hannover 1990. Schriftenreihe des Deutschen Nationalkomitees für Denkmalschutz, Band 41, 1990.
- Durth/Gutschow 1998 Werner Durth, Nils Gutschow. *Architektur und Städtebau der fünfziger Jahre.* Schriftenreihe des Deutschen Nationalkomitees für Denkmalschutz, Band 33, 2. Auflage 1998.
- Durth/ Sigel 2009 Werner Durth, Paul Sigel. *Baukultur.* Berlin 2009
- FAZ 12.01.2012 Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 12.02.2012. *Es geht auch ohne Dämmzwang.*
- Flagge, Stock 1992 Ingeborg Flagge, Wolfgang Jean Stock (Hg.). *Architektur und Demokratie. Das Buch zur Eröffnung des neuen Plenarbereichs im Bonner Bundeshaus.* Stuttgart 1992.
- Focus 31.07.2008 Nachrichtenmagazin Focus, Online-Ausgabe. Bericht zur Ausstellung Sep Ruf 1908-1982. *Moderne mit Tradition.*
- General-Anzeiger Bonner General-Anzeiger vom 06.05.1955
Bonner General- Anzeiger vom 15.11.1978
Bonner General- Anzeiger vom 16.01.1981
Bonner General- Anzeiger vom 30.04.1982

-
- Germann 1999 Georg Germann. *Nachhaltiges Verhalten: Motive für Bau- und Denkmalpflege*. In: Marion Wohlleben, Hans-Rudolf Meier(Hg.) *Nachhaltigkeit und Denkmalpflege : Beiträge zu einer Kultur der Umsicht* Zürich, vdf 2003.
- Gisbertz (Hg.). *Nachkriegsmoderne kontrovers: Positionen der Gegenwart*. Jovis Verlag, Berlin 2012.
- Göderitz et al. 1957 Johannes Göderitz. *Die gegliederte und aufgelockerte Stadt*. Wasmuth Verlag, Tübingen 1957.
- Grunewald/Will 2010 John Grunewald, Thomas Will. *Energetische Sanierung von Baudenkmalen- Pilotstudie zum Modellprojekt des Sächsischen Staatsministeriums des Innern*.
2. korrigierte Aufl., TU Dresden, November 2010.
- Hannover 1990 Deutsches Nationalkomitee für Denkmalschutz. *Architektur und Städtebau der fünfziger Jahre. Ergebnisse der Fachtagung in Hannover 1990 „Schutz und Erhaltung von Bauten der fünfziger Jahre“*. Konzept und Redaktion: Werner Durth und Niels Gutschow. Schriftenreihe des Deutschen Nationalkomitees für Denkmalschutz, Band 41.
- Hansen 2012 Astrid Hansen. Substanz und Erscheinungsbild-Chancen eines denkmalgerechten Umgangs mit der Nachkriegsmoderne. In: Gisbertz (Hg.). *Nachkriegsmoderne kontrovers: Positionen der Gegenwart*. Berlin 2012
- Hausladen et al. 2003 Gerhard Hausladen et al. *Einführung in die Bauklimatik*. Berlin 2003.
- Haustein 2011 Thilo Haustein. *Sachverständigentätigkeit im Bautenschutz*. Skript Hochschule Wismar, 2011.
- Hellwig 2005 Runa Tabea Hellwig. *Thermische Behaglichkeit- Unterschiede aus frei und mechanisch belüfteten Gebäuden aus Nutzersicht*. Dissertation an der TU München, 2005.
- Hellwig, Steiger 2011 Runa Tabea Hellwig, Simone Steiger. *Hybride Lüftungssysteme für Schulen*. Abschlussbericht. Fraunhofer IBP, Stuttgart.
- Hillmann 2011 Roman Hillmann. *Die erste Nachkriegsmoderne*. Imhof-Verlag, Petersberg 2011.
- Hubel 2006 Achim Hubel. *Denkmalpflege: Geschichte. Themen. Aufgaben*. Reclam, Ditzingen 2006.
- IFS 2012 Institut für Steinkonservierung e.V. (Hg.). *Denkmalschutz und Energieeinsparung. Stand der Dinge fünf Jahre nach der EnEV 2007*. IFS-Bericht 41-2012, Wiesbaden 2012.
- IPCC 2013 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), fünfter Sachstandsbericht zum Klimawandel.
- Jakubetz 2012 Sven Jakubetz. *Denkmal und Energie- Bewertung von energetischen Maßnahmen an Baudenkmalen*. Dissertation an der Fakultät Bauingenieurwesen, TU Dresden 2012.

- Kaiser 2012-1 Roswitha Kaiser, VdL. *Denkmalschutz und Energieeinsparung. Stand der Dinge fünf Jahre nach der EnEV 2007*. In: IFS 2012.
- Kaiser 2012 Roswitha Kaiser, VdL. *Positionen der Denkmalpflege*. Fachtagung Denkmal und Energie, Osnabrück 2012.
- Kappel/Pohlmann 1996 Michael Kappel, Alfred Pohlmann: *Das Hochhaus der vereinigten Lebensversicherungs-AG (Iduna-Haus) in Münster*, in: Denkmalpflege Westfalen-Lippe 2/1996.
- Kiesow 2011 Gottfried Kiesow. *Machtarchitektur und neue Bescheidenheit*. In: Monumente, Magazin für Denkmalkultur in Deutschland, 4/2011.
- Kohler 1999 Nikolaus Kohler. *Lebenszyklus von Gebäuden und Gebäudebeständen*. In: Marion Wohlleben, Hans-Rudolf Meier (Hg.) *Nachhaltigkeit und Denkmalpflege : Beiträge zu einer Kultur der Umsicht* Zürich, vdf 2003.
- Köster 2012 Köster, Hans-Curt (Hg.). *Ein Denkmal wird "European Green Building" Neue Begegnung: Das Haus der Begegnung in Königstein*. Langewiesche, Königstein 2012.
- Kunstakademie 2008 Winfried Nerdinger, Irene Meissner in: Akademie der Bildenden Künste München (Hg.). *Festschrift zum 200 jährigen Jubiläum der Kunstakademie in München, Kapitel zur Architekturausbildung*.
- Lorenz 2013 Rüdiger Lorenz. *Theoretische Methoden der thermischen Bauphysik*. Skript Masterstudiengang Bauerhaltung, FH Potsdam, 2013.
- Meier et al. 2013 Hans-Rudolf Meier, Ingrid Scheuermann, Wolfgang Sonne (Hg.). *Werte. Begründungen in der Denkmalpflege in Geschichte und Gegenwart*. Jovis, Berlin 2013.
- Meissner 2013 Irene Meissner. *Sep Ruf 1908 / 1982*. Deutscher Kunstverlag, Berlin/ München 2013.
- Mergel 2004 Thomas Mergel. *Staatlichkeit und Landesbewusstsein*. In: Schlemmer, Woller. *Bayern im Bund, Band 3. Politik und Kultur im föderativen Staat 1949 bis 1973*. München 2004.
- Naturstein 2007 Naturstein 8/2007, S.24. 10. *Expertengespräch: Außenwandbekleidungen mit Naturwerkstein*. Ebner Verlag, Ulm.
- Nerdinger 2008 Winfried Nerdinger, Irene Meissner (Hg.). *Sep Ruf 1908-1982. Moderne mit Tradition*. Prestel, München 2008.
- Otto 1954 Frei Otto. *Vom ungeheizt schon warmen Haus*. In: Frei Otto. *Schriften und Reden*. Vieweg, Braunschweig/ Wiesbaden 1984.
- Passau 1956 Passauer Neue Presse Nr.24 vom 11.02.1956. Bericht zur Einweihung der "Bayerischen Botschaft" in Bonn.
- PHPP 2007 Handbuch Passivhaus-Projektierungspaket, 3. Auflage Dezember 2010, Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist, Darmstadt.
- Preussenblatt 1967 Das Ostpreussenblatt, Hamburg, 26.08.1967.

-
- Riegl 1903 Ernst Bacher (Hg.). *Kunstwerk oder Denkmal? Alois Riegls Schriften zur Denkmalpflege*. Böhlau Verlag, Wien 1995.
- Schaupp 1962 Wilhelm Schaupp. *Die Außenwand. Bekleidung, Wärmedämmung, Feuchtigkeitsschutz*. Callwey, München 1962.
- Schmid 1976 Walter Schmid. *Die weissblaue Botschaft*. Dagmar Zirngibl-Verlag, Bornheim 1976.
- Der Spiegel 38/1961 Der Spiegel, Jahrgang 1961, Ausgabe Nr. 38.
- Der Spiegel 7/1980 Der Spiegel, Jahrgang 1980, Ausgabe Nr. 7.
- SZ 17.05.2010 Süddeutsche Zeitung vom 17.05.2010
- VdL et al. 2011 Verband der Landesdenkmalpfleger und andere: Positionspapier „Denkmalschutz ist Klimaschutz“, 2011.
- VdL/WTa 2012 Verband der Landesdenkmalpfleger und wissenschaftlich-technische Arbeitsgemeinschaft für Bauerhaltung und Denkmalpflege in Kooperation mit dem Fraunhofer IRB. *Wir haben schon gespart*. Fachtagung auf der Denkmalmesse in Leipzig, 24.11. 2012.
- Die Welt 1988 Die Welt vom 19.08.1988
- Weller et al. 2011 Bernhard Weller et al. *Denkmal und Energie*. Vieweg und Teubner, Wiesbaden 2012.
- Wellnitz 2012, S.32 Felix Wellnitz in: *Was riskiert die Stadt? Baukultur im Klimawandel*. Tagungsband des 2. bundesweiten Netzwerktreffens der Bundesstiftung Baukultur. Bundesstiftung Baukultur (Hg.), Potsdam 2012.
- Wellnitz 2012a Felix Wellnitz. *Risiken an Fassaden durch Innendämmung*. Master of Science Thesis an der Hochschule Wismar vom 03.10.2012.
- Werk und Zeit 1956 Deutscher Werkbund. *Werk und Zeit, Kulturzeitschrift des Deutschen Werkbundes*. 1952-2007, 1956, Heft Nr.5
- Wichmann 1986 Wichmann, Hans. *Sep Ruf. Bauten und Projekte*. Deutsche Verlags Anstalt, Stuttgart 1986.
- Will 2004 Thomas Will. *Erinnerung und Vorsorge. Denkmalpflege als Ökologie des Kulturrums*. Wiss. Zeitschrift der TU Dresden 53 (2004), 1-2, S.64-68
- Wittmann 2013 Kerstin Wittmann-Englert, René Hartmann. *Bauten der Länder. Die Landesvertretungen in Bonn, Berlin und Brüssel*. Kunstverlag Josef Fink, Lindenberg 2013.
- Wohlleben/ Meier 2003 Marion Wohlleben, Hans-Rudolf Meier(Hg.) *Nachhaltigkeit und Denkmalpflege : Beiträge zu einer Kultur der Umsicht* Zürich, vdf 2003.
- Wohlleben 2012 Marion Wohlleben. *Vom Wert der Baukultur in Zeiten des Klimawandels*. In: Ingrid Scheurmann/ Hans-Rudolf Meier (Hg.). *Denk mal Werte: Beiträge zur Theorie und Aktualität der Denkmalpflege*. Deutscher Kunstverlag, Berlin/ München 2010.
- WTa 6-2 WTA (Hg.). *Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse*. Fraunhofer IBR, Stuttgart 2006.

- WTA 6-4 WTA (Hg.). *Innendämmung nach WTA I. Planungsleitfaden*. Fraunhofer IBR, Stuttgart 2009.
- Wüstenrot 2011 Wüstenrot Stiftung (Hg.). Monika Margraf, Simone Oelker, Andreas Schwarting et al. *Denkmalpflege der Moderne- Konzepte für ein junges Architekturerbe*. Krämer, Stuttgart 2011.

Quellen

- Bayr. Vertr. Hausakten Schlegelstrasse Bonn. Aktenarchiv der Bayerischen Landesvertretung, Behrenstrasse, Berlin.
- Bayern 2009 Immobilien Freistaat Bayern. Exposé zum Verkauf der ehemaligen Bayerischen Vertretung in Bonn.
- Bonn 1954 Stadt Bonn, Bauaufsichtsamt. Bauschein Nr. 838/54 vom 09.09.1954. Erteilung der Baugenehmigung für die Errichtung eines Dienstgebäudes für den Bevollmächtigten des Landes Bayern beim Bund.
- Bonn 2002 Urkunde über die Eintragung des Objektes Schlegelstrasse 1 in Bonn in die Denkmalliste des Landes Nordrhein-Westfalen vom 28.06.2002. Untere Denkmalbehörde der Stadt Bonn, 2002.
- Briefwechsel 1955 Briefwechsel zwischen Sep Ruf und der Baubehörde in Bonn wegen geforderten der Ummantelung der Stahlrundstützen in der Halle.
- Doku Ruf 1955
- Entwurf Ruf 1954 Sep Ruf. Neubau der Vertretung des Bevollmächtigten Bayerns beim Bund. Entwurfs-/Bauantragszeichnungen. Archiv der Deutschen Stiftung Denkmalschutz, Bonn.
- FH Potsdam 2012 Fachhochschule Potsdam, FB Architektur/Städtebau, Studiengang Restaurierung. Naturwissenschaftliches Labor Prof. Dr. Steffen Laue. *Laborbericht Putzanalyse*. Potsdam, 13.09.2010.
- Heubl 1997 Franz Heubl, Wortprotokoll des Zeitzeugen-Interviews des Hauses der Bayerischen Geschichte, Augsburg 1997.
- Kataster 2012 Kataster- und Vermessungsamt der Bundesstadt Bonn, Luftbilder von 1930-2010
- Kunstakademie 2008 Nerdinger: Kapitel zur Architekturausbildung in der Festschrift zum 200 jährigen Jubiläum der Kunstakademie in München, 2008.
- Mayer 2012 Interview des Autors mit Helmut Mayer am 11.07.2012 in Ebersberg.
- Markgraf 1955 Firma Markgraf, Immenreuth. Ausführende Rohbaufirma der Bayerischen Landesvertretung 1954-1955, bis heute im Familienbesitz. Firmeninterne Kurzdokumentation der Arbeiten, Dauer und Kosten in Wort und Bild. Zweiseitige Akte.

Wettbewerb Ruf 1954	Sep Ruf. Planunterlagen und Erläuterungsbericht zum Wettbewerb. Archiv des Architekturmuseums der TU München.
Werkplanung Ruf und Partner	Werkplanung des Anbaus von Sep Ruf und Partner (verantwortlicher Partner: Helmut Mayer).
Winkens 2012	Interview mit Architekt Prof. Karl-Heinz Winkens am 23.10.2012, sinngemäße Zusammenfassung.
Entwurf Ruf 1954	Sep Ruf. Planunterlagen und Baubeschreibung zum Bauantrag. April 1954.
Stadtplanung 1954	Stellungnahme des Stadtplanungsamtes Bonn, von 23.04.1954 durch Dipl.-Ing. Schlitt
Statusseminar	Statusseminar zum DBU Projekt Schlegelstraße Bonn am 16.04.2013. Sitzung der Projektpartner und ausgewählter Gäste.

Internetquellen

3encult.eu	<i>Efficient energy for EU cultural heritage</i> . EU-Forschungsprojekt, Bozen/ Italien, seit 2010.
bayern.de	Landesportal. Offizielle Website des Freistaats Bayern.
BDA et al. 2009	Bund Deutscher Architekten et al. <i>Vernunft für die Welt</i> und Nachfolgeveranstaltungen. 2009 bis 2011, veröffentlicht unter www.klimamanifest.de , Abruf der Seite am 29.01.2013.
bundesstiftung-baukultur.de	Internetauftritt der Bundesstiftung Baukultur.
dgnb.de	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.
hdb-koengistein.de	Internetauftritt des Hauses der Begegnung, Königstein im Taunus.
kfw.de	Internetauftritt der Kreditanstalt für Wiederaufbau. Laufende Aktualisierung der Förderkonditionen.
nachhaltigesbauen.de	Informationsportal für nachhaltiges Bauen des Bundesumweltministeriums.
Ökobau.dat 2011	Baustoffdatenbank zur Bestimmung globaler ökologischer Wirkungen.

Abbildungen

<i>Abbildung 1: Organigramm der von der DBU geförderten Projektstudie.</i>	1
<i>Abbildungen 2 und 3: Links die bayerische Landesvertretung 1955, rechts im heutigen Zustand. Seit 2010 ist das Haus im Besitz und Hauptdienststelle der Deutschen Stiftung Denkmalschutz.</i>	2
<i>Abbildung 4: Lage des Hauses Schlegelstraße 1 im heutigen „Bundesviertel“. Luftbild: Katasteramt Bonn.</i>	4
<i>Abbildung 5: Umbau- und Erweiterungsphasen. Von links oben nach rechts unten: Ursprungsbau 1955 (Hauptbau, Gartenpavillon, Garderobentrakt), Anbau an den Hauptbau und Neubau Hausmeisterwohnung anstelle der Garage 1983, Austausch der bauzeitlichen Fassaden 1992, heutiger Zustand mit drei neuen Fenstern von 2010.</i>	5
<i>Abbildung 6: Südostfassade des Gartenpavillons. Foto: Felix Wellnitz.</i>	9
<i>Abbildung 7: Straßenseite des Anbaus. Foto: Felix Wellnitz.</i>	10
<i>Abbildung 8: Haus der Begegnung in Königstein am Taunus. Foto: Karsten Ratzke.</i>	14
<i>Abbildung 9: Haus Hardenberg, Berlin. Foto: Felix Wellnitz.</i>	17
<i>Abbildung 10: Gartenansicht der Vertretung des bayerischen Bevollmächtigten nach der Fertigstellung 1955. Bild: Architekturmuseum der TU München.</i>	31
<i>Abbildungen 11 und 12: Links das als freies Deckenelement ohne thermische Trennung in die Halle fortgeführte Vordach der bayerischen Vertretung; rechts das Vordach des Kanzlerbungalows, das formal ebenfalls als Deckensegel im Inneren weitergeführt wird, thermisch jedoch an der Fassade vollständig unterbrochen ist. Fotos: Felix Wellnitz.</i>	34
<i>Abbildung 13: Wettbewerbsbeitrag von Sep Ruf. Grundriss Erdgeschoss. Hier liegen Haupteingang und Pavillonflur noch nicht in einer Flucht. Anhand der mit nur einem dünnen Strich gezeichneten Glasfassaden und dem „Ausfließen“ des polygonalen Plattenbelages in den Garten wird Rufs Intention der Verknüpfung von innen und außen deutlich. Massive Wände sind bewusst und äußerst sparsam eingesetzt. Bild: Architekturmuseum der TU München.</i>	43
<i>Abbildung 14 und 15: Wettbewerbsbeitrag von Sep Ruf. Schnitt durch Hauptbaukörper und Pavillon mit Darstellung des Verschattungs- und Lüftungskonzeptes. Bilder: Architekturmuseum der TU München.</i>	45
<i>Abbildung 16: Der Wettbewerbsbeitrag von Wilhelm Schlegtendal. Bild: Architekturmuseum der TU München</i>	46
<i>Abbildung 17: Bauantragsplanung, Grundriss Erdgeschoss. Bild: Archiv der Deutschen Stiftung Denkmalschutz.</i>	48
<i>Abbildung 18: Bauantragsplanung, Schnitte. Bild: Archiv der Deutschen Stiftung Denkmalschutz. Markant ist das von der Straße bis in den Pavillon durchlaufende Vordach- bzw. Deckenelement.</i>	48
<i>Abbildung 19: Postkarte der fertiggestellten Landesvertretung von 1955.</i>	50
<i>Abbildungen 20 und 21: Links: Gartenmauer mit Knappe-Relief. Rechts: Brunnen von Henselmann. Fotos: Hans-Christian Feldmann, Deutsche Stiftung Denkmalschutz, Bonn.</i>	51
<i>Abbildung 22: Bautenstand zum Richtfest. Deutlich erkennbar sind das Staffelgeschoss in leichter Holzbauweise und die horizontal durchgemauerte Brüstung im Obergeschoss. Bild: Fa. Markgraf.</i>	53

Abbildung 23: Postkarte der Bayerischen Vertretung mit dem Anbau und bereits blau gestrichenen Terrazzofeldern in hellem Blaugrau. Deutlich erkennbar sind die schweren Fensterprofile und die Grünfärbung der schusssicheren Gläser im Anbau.	57
Abbildung 24: Postkarte der Bayerischen Vertretung nach 1992.	59
Abbildung 25: Die Hauptdienststelle der Deutschen Stiftung Denkmalschutz im heutigen Zustand. Foto: Felix Wellnitz.	60
Abbildung 26: Sep Ruf und Partner. Ansicht Schlegelstraße. Entwurf der Erweiterung von 1973. Bild: Architekturmuseum der TU München.	63
Abbildung 27: Gegenüberstellung der beiden süddeutschen Landesvertretungen von Baden-Württemberg und Bayern in der Werkbund-Zeitschrift „Werk und Zeit“ 1956.	65
Abbildung 28: Treppenraum. Foto: Hans-Christian Feldmann, Deutsche Stiftung Denkmalschutz, Bonn.	67
Abbildung 29: Luftfeuchteklassen nach DIN 13788. Klasse 2 entspricht Bürogebäuden oder Geschäften.	75
Abbildung 30: PMV (Predicted mean vote= mittlere Klimabeurteilung) in Abhängigkeit von PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied= Prozentsatz Unzufriedener) nach Fanger. ...	
Abbildung 31: PPD bei Asymmetrien der Decken- bzw. Wandtemperaturen bei einer operativen Temperatur von 22-23°C.	77
Abbildung 32: Schnitt durch das Hauptgebäude mit den markierten Messpunkten in der Raumluft (HZI) und an Oberflächen (OF).	81
Abbildung 33: Oberflächenmessung an der Pavillonfassade. Foto: HZI Ingenieure.	82
Abbildung 34: Auszug aus der Nutzerbefragung zur Behaglichkeit.	84
Abbildung 35: Schema des Simulationsmodells als Träger einer Fülle von statischen (links) und variablen Informationen (rechts). Im Ergebnis lassen sich dynamisch berechnete Aussagen zu Schäden, Behaglichkeit und Energiebedarf, die miteinander im Zusammenhang stehen. Die Veränderung eines Parameters wirkt sich so auf alle Aussagen aus.	86
Abbildung 36: Eine Visualisierung des Simulationsmodells im „leeren“ Zustand noch ohne Raumzonen. Baukörper, Lage und Ausrichtung sind bereits definiert. Die Kubaturen der umgebenden Bebauung dienen der Berechnung der Verschattung.	87
Abbildung 37: Schnittdetail des Simulationsmodells mit der detaillierten Raumzone 2.31 und angrenzendem Flur. Die Farben indizieren die unterschiedlichen Materialien der Hüllbauteile.	87
Abbildung 38: Links die im Programm Flixo durchgeführte Berechnung der linearen Wärmebrücke des auskragenden Pavillondaches, rechts individuelle Einbindung des errechneten psi-Wertes in das Simulationsmodell der entsprechenden Raumzone.	88
Abbildung 39: Vergleich der gemessenen (grau) und simulierten (rot) Werte der Raumtemperatur der Zonen 1.08 und 2.09 mit den jeweils zugeordneten Außentemperaturwerten des Messzeitraumes (CLN Real).	90
Abbildung 40 und 41: 2-Tages-Plots der gemessenen (grau) und simulierten (rot) Werte der Raumtemperatur. Die gepunktete Linie zeigt den Außentemperaturverlauf des Messzeitraumes (CLN Real).	90
Abbildung 42: Jahresverlauf der gemessenen und simulierten Innenraumtemperaturen von Zone 2.09 sowie der Außentemperatur. Die Abweichung zwischen Mess- und Simulationswerten beträgt maximal 3 K.	91
Abbildung 43: Simulationsmodell der Zonen im Altbau.	93

Abbildung 44: Mit dem Programm Flixo modellierte Wärmebrücke der einbindenden Decke am Hauptbau und Berechnung des ψ -Wertes mit Innenmaßbezug. Dies ist für die spätere Einbindung in das Simulationswerkzeug notwendig. Die Deutsche Normung arbeitet mit Außenmaßbezug.	94
Abbildung 45: Zusammenhang Raumluftfeuchte und Außentemperatur (Messwerte).	95
Abbildung 46: Altbau, Büro nach Nordosten. Überschreitung des Schimmelpilzkriteriums am ungedämmten Sturz (Messwerte) im Winter.	95
Abbildung 47: Altbau, Büro nach Nordosten. Zusammenhängende Stunden der Überschreitung des Schimmelkriteriums am ungedämmten Sturz (Messwerte).	96
Abbildung 48: Innen- und Außenlufttemperaturverläufe für die Raumzonen des Hauptbaus (Messwerte, Altbau). Trotz der nicht durchgehend hohen Außenlufttemperaturen bestehen erhebliche Temperaturspitzen über den zulässigen 26°C. Dies weist auf hohe solare Einstrahlung hin. Der Raum im Staffelgeschoss ist am stärksten von der Überhitzung betroffen.	97
Abbildung 49: Zusammenhängende Über-temperaturstunden $\geq 26^\circ\text{C}$ von 8 bis 18 Uhr in den Büroräumen des Hauptbaus (Mai bis Oktober, Messwerte).	98
Abbildung 50: Simulierter Nutzenergiebedarf für Heizung für die drei betrachteten Zonen im Altbau.	99
Abbildung 51: Vergleich des instationär simulierten Heizlastverlaufs und der stationär berechneten Heizlast für 2.31 über ein Jahr. Die normgerecht ermittelte Heizlast erscheint hier im Vergleich als „worst case“-Wert mit offensichtlicher Sicherheitsreserve.	100
Abbildung 52: Simulationsmodell der Zonen im Anbau.	101
Abbildung 53: Befragungsergebnis zur empfundenen Temperatur für die Zonen im Anbau.	102
Abbildung 54: Zusammenhängende Übertemperaturstunden $\geq 26^\circ\text{C}$ von 8 bis 18 Uhr in den Büroräumen des Hauptbaus (Mai bis Oktober, Messwerte).	102
Abbildung 55 : Simulierter Nutzenergiebedarf im Anbau. Das Eckbüro 2.18 hat aufgrund der höheren Hüllflächenanteile einen entsprechend erhöhten Bedarf.	103
Abbildung 56 : Simulationsmodell der Pavillonzonen.	104
Abbildung 57: Häufung der Oberflächenluftfeuchten in Zone 1.08 des Pavillons.	105
Abbildung 58: Winterlicher Temperaturverlauf im Pavillon. Der nach Südwesten orientierte Raum profitiert offensichtlich von solaren Wärmegewinnen, wie an den Oberflächentemperaturen der Verglasung deutlich zu sehen ist. Er weist aber besonders nachts ähnliche Temperaturstürze auf wie der gegenüberliegende Raum, hervorgerufen durch hohe Transmissions- und Lüftungswärmeverluste der Fassade.	106
Abbildung 59: Untertemperaturstunden im Pavillon.	107
Abbildung 60: Nutzenergiebedarf der Zonen im Pavillon (Simulationsergebnis).	108
Abbildung 61: Konzeptschema Energetische Ertüchtigung im Denkmal.	111
Abbildung 62: Entwurfsvarianten zur Rekonstruktion der Einheit Schwingfenster/ Markise.	112
Abbildung 63: Schema des iterativen Planungsablaufes.	113
Abbildung 64: Studie zur Ertüchtigung des Staffelgeschosses und der Dachterrasse. Die Dämmebenen sind rot markiert. Die Skizze zeigt eine neue Markise am Flugdach, die jedoch wieder verworfen wurde.	114

Abbildung 65: Entwurfszeichnung der Sanierungsmaßnahmen am Staffelgeschoss. Bestehende Bauteile in schwarz, neue in rot: 1 Dachterrasse, 2 Geschossdecke, 3 Neue Fensterwand, 4 Pfette, 5 Zelluloseschüttung/ Zelluloseplatten, 6 Dachhaut.....	115
Abbildung 66: Skizze der Sanierungsmaßnahmen am Altbauteil des Hauptbaus (Südwestfassade mit Markise). Bestehende Bauteile in schwarz, neue in rot: 1 Terrazzoputz, 2 Brüstungsmauerwerk, 3 Heraklith, 4 Kalziumsilikat (2010), 5 Schwingfenster, 6 Fallarmmarkise, 7 Flankendämmung mit integriertem Markisenkasten, 8 Einzellüfter in Trennwand, 9 Stütze in Trennwand, 10 Geschossdecke, 11 Dachterrasse, 12 Glasbrüstung.	117
Abbildung 67: Skizze der Sanierungsmaßnahmen am Anbauteil des Hauptbaus (Südwestfassade mit Markise). Bestehende Bauteile in schwarz, neue in rot: 1 Wärmedämmverbundsystem mit Glattputz, 2 Stahlbetonbrüstung, 3 Klappschwingfenster, 4 Aufputz montierte Fallarmmarkise, 5 Dachterrasse, 6 Geschossdecke, 7 Einzellüfter in Trennwand.	119
Abbildung 68: Skizze der Sanierungsmaßnahmen am Pavillon. Bestehende Bauteile in schwarz, neue in rot: 1 Boden, 2 Stahlfensterwand mit neuer Isolierverglasung, 3 Flankendämmung VIP, 4 Dachaufbau historisch, 5 Aufdämmung 2010.....	123
Abbildung 69: Wärmebrücke am Fenstersturz im Altbauteil.	125
Abbildung 70: Simulationsergebnis der Raumlufttemperaturen in den Zonen 3.12 (Staffelgeschoss) und 2.09 (1.OG Nordost).	126
Abbildung 71: Heizlastkurven im Bestand und nach der Ertüchtigung für 3.12. Zum Vergleich sind die stationär berechneten Normheizlasten dargestellt.	129
Abbildung 72: Überblick über Nutz-, End- und Primärenergiebedarf, sowie Kohlendioxidemissionen der ertüchtigten Staffelgeschosszone im Vergleich zum Bestand.	130
Abbildung 73: Überblick über Nutz-, End- und Primärenergiebedarf, sowie Kohlendioxidemissionen der ertüchtigten Zone 2.31 im ersten Obergeschoss im Vergleich zum Bestand (Zone 2.09 weist vergleichbare Werte auf).	131
Abbildung 74: Simulationsergebnis der Raumtemperaturen im Anbau.....	132
Abbildung 75: Heizlastkurven im Bestand und nach der Ertüchtigung. Zum Vergleich sind die stationär berechneten Normheizlasten dargestellt.	133
Abbildung 76: Überblick über Nutz-, End- und Primärenergiebedarf, sowie Kohlendioxidemissionen der ertüchtigten Zone 2.18 im ersten Obergeschoss im Vergleich zum Bestand.....	134
Abbildung 77: Überblick über Nutz-, End- und Primärenergiebedarf, sowie Kohlendioxidemissionen der ertüchtigten Zone 2.21 nach Südwesten im ersten Obergeschoss.	135
Abbildung 78: Raumlufttemperaturen in der Bürozone 1.08 (links). Rechts die operativen Temperaturen am Arbeitsplatz.	136
Abbildung 79: Raumlufttemperaturen in Zone 1.11.....	137
Abbildung 80: Heizlasten in Zone 1.08.	138
Abbildung 81: Heizlasten in Zone 1.11.	139

Abbildung 82: Überblick über Nutz-, End- und Primärenergiebedarf, sowie Kohlendioxidemissionen der ertüchtigten Zone 1.08 (Büro) im Pavillon.	139
Abbildung 83: Überblick über Nutz-, End- und Primärenergiebedarf, sowie Kohlendioxidemissionen der ertüchtigten Zone 1.11 (Sitzungsraum) im Pavillon.	140
Abbildung 84: Primärenergieeinsatz und verursachte CO ₂ -Emissionen der für die Ertüchtigungen verwendeten Baustoffe und Technischelemente (bezogen auf [m ²] Nettoraumfläche).....	142
Abbildung 85: Links Amortisation der eingesetzten Primärenergie, rechts Amortisation der CO ₂ -Emissionen.	143
Abbildung 86: Links die eingesparte Primärenergie nach 20 Jahren, rechts die eingesparten CO ₂ -Emissionen des gleichen Zeitraumes.....	143

Tabellen

Tabelle 1: Die in der Fallstudie angewandten, wichtigsten Methoden und Maßnahmen.	12
Tabelle 2: Mindest-Raumlufttemperaturen nach ASR 3.5.	78
Tabelle 3: Sommer-Klimaregionen nach DIN 4108-2.	78
Tabelle 4: Primärenergiefaktoren und CO ₂ -Emissionen.	80
Tabelle 5: Raumzonen mit jeweiligem Monitoring- und Simulationsprogramm.	85
Tabelle 6: Benutzung des außenliegenden Sonnenschutzes gemäß Nutzeroaussagen.	96
Tabelle 7: Ausschnitt aus der Nutzerbefragung bestätigt die Hitzespitzen der Raumtemperatur.	98
Tabelle 8: Ertüchtigungsmaßnahmen für den Hauptbau im Überblick.	121
Tabelle 9: Ertüchtigungsmaßnahmen für den Pavillon im Überblick.....	124
Tabelle 10: Operative Temperatur am Arbeitsplatz.....	128
Tabelle 11: Vergleich der Behaglichkeitsindizes PPD und PMV nach Fanger (Simulationsergebnis für 2.09). Im Vergleich zum Bestand ist eine leichte Verbesserung zu erkennen, die Wintermonate liegen im neutralen Bereich (PMV=0) und der Prozentsatz Unzufriedener sinkt im Schnitt um gut ein halbes Prozent (PPD).	128
Tabelle 12: Operative Temperatur am Arbeitsplatz.	132
Tabelle 13: Behaglichkeitsindizes für 1.08 im Bestand (links) und nach der Ertüchtigung (rechts).....	137
Tabelle 14: Behaglichkeitsindizes für 1.11 im Bestand (links) und nach der Ertüchtigung (rechts).....	138

Formeln

Formel 1: Berechnung des U-Wertes.	74
Formel 2: Berechnung des F-Wertes.	75
Formel 3: Berechnung des Wasserdampfsättigungsdrucks nach Magnus.	76
Formel 4: Berechnung des Formfaktors parallele zueinanderstehender Flächen. Quelle: http://www.engr.uky.edu/rtl/Catalog/sectionb/B-3.html	127

Software

IDA ICE	<i>Indoor Climate and Energy</i> . Equa Solutions, Schweden.
Flixo	<i>Flixo Wärmebrücken und Reporting</i> . Infomind, Schweiz.
LEGEP	<i>Software zur integralen Planung nachhaltiger Gebäude</i> . WEKA Media, Kissing.

Abkürzungen

BDA	Bund Deutscher Architekten
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
DSD	Deutsche Stiftung Denkmalschutz
EEWärmeG	Erneuerbare Energie-Wärmegesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
FHP	Fachhochschule Potsdam
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
PMV	Predicted Mean Vote
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied
RAF	Rote Armee Fraktion
VdL	Vereinigung der Landesdenkmalpfleger
WTA	Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle unmissverständlich gekennzeichnet. Teile der Arbeit, die bereits Gegenstand von Prüfungsarbeiten waren, sind ebenfalls unmissverständlich gekennzeichnet.

Bei der Auswahl und Auswertung folgenden Materials haben mir die nachstehend aufgeführten Personen in der jeweils beschriebenen Weise unentgeltlich geholfen:

1. Dipl.-Ing. Oliver Schneider: Visual Basic-Modul für MS Excel zur Übertragung der Messwerte aus den Datenloggern.
2. Prof. Dr. Steffen Laue: Laborauswertung des Terrazzo-Putzes.
3. Studentische Hilfskräfte: Übertragung von Planunterlagen in CAD.

Weitere Personen waren an der inhaltlich-materiellen Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich hierfür nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder anderen Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ich versichere ehrenwörtlich, dass ich nach bestem Wissen die reine Wahrheit gesagt und nichts verschwiegen habe.

Berlin, den

.....

Unterschrift

Dank

Mein großer Dank gebührt der Deutschen Stiftung Denkmalschutz und besonders ihrem Liegenschaftsleiter Jürgen Klemisch für das Vertrauen und die Beauftragung zur federführenden Bearbeitung dieser Fallstudie am Fachbereich Bauingenieurwesen der FH Potsdam. Den beiden Projektleitern auf Seiten der DSD, Annette Liebeskind und Rainer Mertesacker, danke ich für Ihre große Unterstützung und die stets gute Zusammenarbeit.

Herrn Prof. Dr. Hans-Rudolf Meier von der Bauhaus-Universität Weimar möchte ich für seine spontane Offenheit herzlich danken, diese interdisziplinäre Arbeit als Promotionsvorhaben angenommen und vertrauensvoll begleitet zu haben. Ebenso herzlich danken möchte ich Herrn Prof. Dipl.-Phys. Rüdiger Lorenz von der Fachhochschule Potsdam, der sich dem Thema auch sofort angenommen und die Arbeit intensiv unterstützt hat.

Für die finanzielle Förderung der Studie in der vorgeschlagenen Konstellation gilt mein Dank der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, sowie der Fachhochschule Potsdam für ihre unkomplizierte verwaltungstechnische Unterstützung.

Ich danke darüber hinaus Herrn Architekt Helmut Mayer, ehemaliger Partner im Büro Sep Rufs, für den persönlichen Austausch und die äußerst wertvollen Informationen.

Mein Dank gilt Frau Dr. Irene Meissner vom Architekturmuseum der TU München für ihre Unterstützung bei der Recherche zu Sep Ruf, und Herrn Brag von der bayerischen Landesvertretung in Berlin für die Einsicht in die Bonner Bauakten.

Meiner Frau Saidah und meinem Sohn Leon danke ich für ihre Entbehrungen, ihr Vertrauen und ihre große Unterstützung. Meiner Schwester Stephanie danke ich für das gewissenhafte Lektorat dieser Arbeit, und schließlich meinen Eltern für ihr Grundvertrauen, dessen ich mir immer sicher bin.

Curriculum Vitae

05/01/1977 geboren in Offenbach am Main

Akademische Qualifikationen

1997-2004 Studium Architektur und Städtebau an der Technischen Universität Darmstadt, Diplom (Dipl.-Ing.).

2010-2012 Masterstudium „Bautenschutz“ (M.Sc.) an der Fakultät für Ingenieurwissenschaften der Hochschule Wismar.

Berufliche Laufbahn

2001-2002 Mitarbeit bei Waechter und Waechter Architekten, Mühltal/ Darmstadt.

2002 Mitarbeit bei METRON Architektur AG, Brugg, Schweiz.

2005 Architekt bei Oberlanders Architects LLP, Edinburgh, UK.

2005-2008 Projektleitender Architekt bei Anderson Bell + Christie Architects, Glasgow, UK.

seit 2008 Freischaffende Tätigkeit als Architekt und Fachplaner für Energieeffizienz.

2009-2010 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Baukonstruktion und konstruktives Gestalten (BKG) Prof. Stefan Schaefer, Massivbauinstitut, TU Darmstadt.

2010-2013 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Baukonstruktion, FH Potsdam.

seit 01/2012 Lehrauftrag Energieberaterlehrgang an der FH Potsdam.

seit 09/2013 Lehrauftrag am Berliner Campus der German University in Cairo (GUC), Studiengang Architektur.

2013 Sachverständiger Energieeffizienz Planung und Baubegleitung für Förderprogramme der KfW und des BAFA.

 Energieberater für Baudenkmale.

seit 01/2014 Dozent an der Denkmalakademie e.V., Frankfurt am Main.

Wettbewerbe (Auswahl)

2006 2. Preis im internationalen siedlungsplanerischen Wettbewerb „Residence and Life“, Riyadh, Königreich Saudi Arabien.

2007 1. Preis und Realisierung „Govan Primary School and Nursery Campus“, Glasgow. Federführende Mitarbeit bei Anderson Bell + Christie Architects, Glasgow.

2008 2. Platz im eingeladenen Wettbewerb „Kindertagesstätte am Huthpark“ mit sechs Teilnehmern, BG Unfallklinik Frankfurt.

2012 2. Preis im Wettbewerb für den Neubau der Heilig-Kreuz-Kirche in Rollwald: Baukonstruktive und bauphysikalische Beratung, mit Wellnitz Architekten BDA, Offenbach.

Realisierte Projekte (Auswahl)

- 2005-2007 „Gorgie Mills Secondary School“ (Sonderschule) und Wettkampfsporthalle in Edinburgh. Bei Anderson Bell + Christie, Glasgow, UK.
- 2007 „Govan Primary School and Nursery“ (Ganztages-Grundschule mit Kindertagesstätte). Projektleitung bei Anderson Bell + Christie, Glasgow, UK.
- 2008 Energetische Sanierung und technischer Neuausbau eines denkmalgeschützten Gründerzeithauses sowie Anbau von Balkonen in Stahlbauweise, Offenbach am Main.
- 2007 Planung und Bauleitung eines Einfamilienhauses in Nierstein am Rhein.
- 2009-2010 Energetische Sanierung Bau B der Marienschule der Ursulinen in Offenbach am Main im Rahmen des Konjunkturpakets. Kooperation mit Wellnitz Architekten BDA, Offenbach.
- 2012 Passivhaus-Wohnanlage mit vier Wohneinheiten in Kelsterbach. Passivhausprojektierung, Energieplanung.
- 2014 In Planung: Liturgische Neuordnung und bauklimatische Sanierung der katholische Pfarrkirche St. Bonifatius in Büdingen, erbaut 1965 durch den Böhm-Schüler Carl Müller. Kooperation mit Wellnitz Architekten BDA, Offenbach.
- 2014 In Planung: Umbau und energetische Ertüchtigung eines Einfamilienhauses in der unter Ensembleschutz stehenden Gartenstadt Hamburg-Alsterdorf.
- 2014 In Planung: Energetisch Ertüchtigung eines unter Ensembleschutz stehenden Einfamilienhauses aus den dreißiger Jahren in Kleinmachnow.

Veröffentlichungen und Vorträge

- 2007 Saidah Bojens, Felix Wellnitz.
Ausstellung und Katalog der Wettbewerbsbeiträge im Rahmen des „Housing Symposium 3“ vom 20.-23. Mai 2007 in Riyadh, Königreich Saudi Arabien.
Einladung und Teilnahme am Symposium.
- 2009 Stefan Schäfer, Felix Wellnitz.
Anwendungen verrippter Blechschalen im Bauwesen, in: Darmstadt Concrete, Vol.24, 2009.
- 02/ 2012 Felix Wellnitz. Vortrag „Energetische Sanierung- Einsparpotentiale und denkmalverträgliche Konzepte“ und Teilnahme an der Podiumsdiskussion im Rahmen des Fachgesprächs „Zukunftsfähiger Denkmalschutz“ am 23.02.2012 bei der Heinrich-Böll-Stiftung in Potsdam. Dokumentation unter www.boell-brandenburg.de.
- 06/2012 Felix Wellnitz. Deutsches Architektenblatt 06/12 S.10, „Nachhaltigkeit“. Brief an die Redaktion zu Heft 3/12 und zu Leserbrief in Heft 4/12.
- 06/2012 Felix Wellnitz. „Die denkmalgeschützte, ehemalige Bayerische Landesvertretung von Sep Ruf in Bonn: Möglichkeiten der energetischen

- Ertüchtigung - Neue Aufgaben an die Bauforschung?“ Vortrag im Rahmen der öffentlichen Doktorandenvorträge Bauingenieurwesen und historische Bauforschung an der FH Potsdam am 20.06.2012.
- 11/2012 Felix Wellnitz. Teilnahme und Diskussionsbeitrag beim 2. bundesweiten Netzwerktreffen der Bundesstiftung Baukultur zum Thema „Was riskiert die Stadt? Baukultur im Klimawandel“. Tagungsband, erste Ausgabe 2012, S. 32. Zu beziehen unter www.bundesstiftung-baukultur.de.
- 04/2013 Felix Wellnitz. Strategien zur energetischen Ertüchtigung und nachhaltigen Instandsetzung im Baudenkmal am Beispiel der ehem. bayerischen Landesvertretung von Sep Ruf (Baujahr 1955) in Bonn, in: Fischer/ Oesterreich/ Scheidat (Hg). 14. Nachwuchswissenschaftlerkonferenz ost- und mitteldeutscher Fachhochschulen, Tagungsband. Glückstadt 2013.
- 09/2013 Felix Wellnitz. Denkmal energetisch – auf den Punkt gebracht. Vortrag in der Veranstaltungsreihe der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin.
- 12/2013 Felix Wellnitz. „EnEV 2013- Umsetzung in der Baupraxis mit KfW-Förderung.“ Vortrag und Diskussion beim BFW Bundesverband Freier Immobilien- und Wohnungsunternehmen e.V., Berlin.
- 03/2014 Felix Wellnitz. Bericht aus dem DBU-Förderprojekt Schlegelstraße Bonn. Fachtagung im Rahmen des DBU-Förderprojektes "Aufbau der Koordinierungsstelle" für die Listung der sachverständigen Energieberater für Baudenkmale. Zentrum für umweltbewusstes Bauen in Kassel am 28.03.2014.
- 04/2014 Felix Wellnitz, Rüdiger Lorenz, Hans-Rudolf Meier. (Paper accepted) „Strategies for the energy-efficient refurbishment and sustainable preservation of the heritage listed, former Bavarian Federal Embassy in the past German capital Bonn, designed and executed 1955 by post-war modernist architect Sep Ruf.“
ICAUD 2014, International Conference on Architecture and Urban Design, Epoka University, Tirana/ Albanien.